

# **Vernetzung und kumulatives Lernen im Biologieunterricht der Gymnasialklasse 9**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

Dr. rer. nat.

des Fachbereichs

Biologie und Geografie

an der

Universität Duisburg-Essen

vorgelegt von

Julia Wadouh

aus Hannover

September, 2007

Die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegenden Experimente wurden in der Abteilung für Didaktik der Biologie der Universität Duisburg-Essen durchgeführt.

1. Gutachter: Prof'in Dr. A. Sandmann

2. Gutachter: Prof. Dr. H. Prechtel

Vorsitzender des Prüfungsausschusses: Prof. Dr. H. Pfanz

Tag der mündlichen Prüfung: 20.12.2007

*„Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.“*

Aristoteles (384 - 322 v. Chr.)

# Inhalt

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Zusammenfassung .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2</b>   | <b>Einleitung.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>3</b>   | <b>Theoretischer Rahmen .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Vernetzung und kumulatives Lernen.....</b>   | <b>12</b> |
| 3.1.1      | Kognitionspsychologische Ansätze und didaktische Betrachtungen zu Vernetzung und kumulativem Lernen.....          | 12        |
| 3.1.2      | Elaboration als eine Form der Vernetzung im Biologieunterricht und ihre Bedeutung für kumulatives Lernen .....    | 20        |
| 3.1.3      | Aktuelle Problembereiche und Initiativen zur Förderung kumulativen Lernens durch Vernetzung im Unterricht .....   | 23        |
| 3.1.4      | Kumulatives Lernen als Konstruktion deklarativer Wissensstrukturen .....  | 25        |
| 3.1.4.1    | Konzeptualisierung deklarativer Wissensstrukturen .....   | 25        |
| 3.1.4.2    | Darstellung deklarativer Wissensstrukturen durch Begriffsnetze .....  | 28        |
| 3.1.4.2.1  | Beschreibung und Entwicklung von Begriffsnetzen.....  | 28        |
| 3.1.4.2.2  | Begriffsnetze als Instrument zur Erfassung und Darstellung deklarativer Wissensstrukturen .....                   | 29        |
| <b>3.2</b> | <b>Relevanz von Vorwissen und Lernmotivation für kumulatives Lernen und ihre Förderung durch Vernetzung .....</b> | <b>35</b> |
| 3.2.1      | Vorwissen.....  | 35        |
| 3.2.2      | Lernmotivation .....  | 36        |
| <b>3.3</b> | <b>Zielsetzung, Forschungsfragen und Hypothesen .....</b>   | <b>39</b> |
| <b>4</b>   | <b>Material und Methode .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Stichprobe .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Untersuchungsdesign .....</b>  | <b>41</b> |
| <b>4.3</b> | <b>Messinstrumente .....</b>  | <b>43</b> |
| 4.3.1      | Videobasierte Unterrichtsanalyse.....   | 43        |
| 4.3.2      | Kategoriensystem zur Analyse von Vernetzung im Biologieunterricht.....  | 44        |
| 4.3.2.1    | Entwicklung und Evaluation eines Kategoriensystems zur Analyse von Vernetzung im Biologieunterricht.....          | 44        |
| 4.3.2.2    | Kategoriensystem zur Erfassung vertikaler Vernetzung.....   | 46        |
| 4.3.2.3    | Kategoriensystem zur Erfassung innerbiologischer Vernetzung .....   | 51        |
| 4.3.3      | Leistungstest zur Erfassung von Wissenszuwachs.....   | 56        |
| 4.3.3.1    | Entwicklung und Evaluation des Leistungstests .....   | 56        |
| 4.3.3.2    | Einsatz des Leistungstests .....  | 57        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 4.3.4      | Begriffsnetze zur Erfassung deklarativer Wissensstrukturen.....  | 59         |
| 4.3.4.1    | Entwicklung und Evaluation des eingesetzten Begriffsnetzverfahrens .....   | 59         |
| 4.3.4.2    | Einsatz der Begriffsnetze .....  | 60         |
| 4.3.4.3    | Auswertung der Begriffsnetze.....  | 60         |
| 4.3.5      | Fragebogen zur Erfassung der Lernmotivation .....  | 63         |
| <b>4.4</b> | <b>Durchführung.....</b>   | <b>64</b>  |
| <b>4.5</b> | <b>Statistische Methoden .....</b>   | <b>67</b>  |
| 4.5.1      | Identifikation von Klassen mit einem hohen und einem niedrigem<br>Vernetzungsniveau im Biologieunterricht .....            | 68         |
| 4.5.2      | Unterschiedsanalysen zwischen Klassen mit einem hohen und einem<br>niedrigem Vernetzungsniveau im Biologieunterricht ..... | 69         |
| <b>5</b>   | <b>Ergebnisse.....</b>   | <b>71</b>  |
| <b>5.1</b> | <b>Beschreibung des Biologieunterrichts .....</b>  | <b>71</b>  |
| 5.1.1      | Häufigkeit von Vernetzung im Biologieunterricht.....   | 71         |
| 5.1.1.1    | Vertikale Vernetzung im Biologieunterricht.....  | 71         |
| 5.1.1.2    | Innerbiologische Vernetzung im Biologieunterricht.....   | 76         |
| <b>5.2</b> | <b>Beschreibung der Lernleistung .....</b>   | <b>85</b>  |
| 5.2.1      | Zuwachs im Faktenwissen .....  | 85         |
| 5.2.2      | Komplexität und Qualität der Wissensstruktur .....   | 85         |
| <b>5.3</b> | <b>Beschreibung der Lernmotivation.....</b>  | <b>91</b>  |
| <b>5.4</b> | <b>Bedeutung des Vernetzungsniveaus im Biologieunterricht .....</b>  | <b>91</b>  |
| 5.4.1      | Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Lernleistung .....  | 91         |
| 5.4.1.1    | Bedeutung des Vernetzungsniveaus für den Zuwachs im Faktenwissen ....  | 92         |
| 5.4.1.2    | Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Ausbildung deklarativer<br>Wissensstrukturen .....                                | 93         |
| 5.4.2      | Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Lernmotivation .....  | 105        |
| <b>5.5</b> | <b>Explorative Analysen .....</b>  | <b>106</b> |
| 5.5.1      | Beschreibung des Biologieunterrichts innerhalb der Extremgruppen.....  | 106        |
| 5.5.2      | Zusammenhänge zwischen und innerhalb der Messinstrumente .....   | 108        |
| 5.5.2.1    | Zusammenhänge zwischen dem Leistungstest und den Begriffsnetz-<br>parametern .....   | 108        |
| 5.5.2.2    | Zusammenhänge zwischen den Begriffsnetzparametern .....  | 109        |
| <b>6</b>   | <b>Diskussion .....</b>  | <b>111</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Bedeutung der Studie.....</b>   | <b>111</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Inhaltliche Diskussion.....</b>   | <b>112</b> |
| 6.2.1      | Vernetzung im Biologieunterricht.....  | 112        |

---

|                        |  |            |
|------------------------|--|------------|
| 6.2.2                  | Bedeutung des Vernetzungsniveaus im Biologieunterricht für kumulatives Lernen.....       | 116        |
| 6.2.2.1                | Bedeutung des Vernetzungsniveaus für den Zuwachs im Faktenwissen...                      | 116        |
| 6.2.2.2                | Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Ausbildung deklarativer Wissensstrukturen ..... | 117        |
| 6.2.3                  | Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Lernmotivation .....                            | 119        |
| <b>6.3</b>             | <b>Methodische Diskussion .....</b>  | <b>120</b> |
| 6.3.1                  | Bewertung der videobasierten Unterrichtsanalyse .....                                    | 120        |
| 6.3.2                  | Erfassung deklarativer Wissensstrukturen durch Begriffsnetze.....                        | 121        |
| 6.3.3                  | Ausblick .....   | 124        |
| 6.3.3.1                | Konsequenzen für Biologieunterricht .....  | 124        |
| 6.3.3.2                | Empfehlungen für zukünftige Studien .....  | 125        |
| <b>Literatur .....</b> |  | <b>128</b> |
| <b>Anhang.....</b>     |  | <b>148</b> |

# 1      **Zusammenfassung**

In den internationalen Schulleistungsstudien TIMSS (*Third International Mathematics and Science Study*) und PISA (*Programme for International Student Assessment*) haben die Schülerinnen und Schüler in Deutschland vergleichsweise unbefriedigende Leistungen erzielt. Der geringe Lernerfolg wird unter anderem darauf zurückgeführt, dass im Naturwissenschaftsunterricht zu wenig kumulativ gelernt wird. Einzelne fachliche Wissens-elemente werden zwar angehäuft, aber nicht ausreichend miteinander vernetzt, so dass ein weitgehend additives Lernen stattfindet und Gelerntes schnell vergessen wird.

Fachliche Inhalte im Unterricht verstärkt miteinander zu vernetzen und damit die Ausbildung komplexer Wissensstrukturen zu fördern, ist bereits eine Forderung der eingeführten Bildungsstandards und Kernlehrpläne. Bislang existieren jedoch kaum empirische Erkenntnisse über Vernetzung im Biologieunterricht und ihre Bedeutung für kumulatives Lernen. Daher wurde in dieser Arbeit der Frage nachgegangen, inwieweit Vernetzung im Biologieunterricht stattfindet. Es wurde untersucht, welche Bedeutung das Vernetzungsniveau für die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler hat. Darüber hinaus wurden Zusammenhänge zwischen dem Vernetzungsniveau des Unterrichts und der Lernmotivation der Schülerinnen und Schüler erkundet.

Es wurde Biologieunterricht der Jahrgangsstufe 9 an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen videografiert und mit einem speziell entwickelten Kategoriensystem hinsichtlich seiner inhaltlichen Vernetzung analysiert. Der Wissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler wurde anhand eines Leistungstest erfasst, die erworbenen Wissensstrukturen am Ende des Schuljahres mit Hilfe von Begriffsnetzen abgebildet. Die Lernmotivation der Schülerinnen und Schüler wurde mit einem Fragebogen erhoben. Es wurden Klassen identifiziert, die ein hohes und solche, die ein niedriges Vernetzungsniveau im Unterricht erreichten und im Rahmen eines quasi-experimentellen Designs in ihrer Lernleistung verglichen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten, dass im Biologieunterricht insgesamt wenig inhaltliche Vernetzung stattfindet. Der Unterricht basiert vornehmlich auf einzelnen Fakten. Zusammenhänge oder Bezüge zu zuvor vermittelten Fachinhalten werden nur selten hergestellt. Beim Vergleich der Extremgruppen wiesen die Klassen mit einem hohen Vernetzungsniveau im Unterricht komplexere Wissensstrukturen auf als diejenigen mit einem niedrigen Vernetzungsniveau. So generierten Schülerinnen und Schüler aus Klassen mit

einem hohen Vernetzungsniveau signifikant mehr Verknüpfungen zwischen den einzelnen biologischen Fachbegriffen, die zudem häufiger fachlich richtig waren. Die inhaltliche Qualität der Verknüpfungen war jedoch in beiden Gruppen gering. Im Wissenszuwachs war kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festzustellen. Es zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem Vernetzungsniveau und der Lernmotivation. So ging ein hoch vernetzender Biologieunterricht mit einem höheren Fachinteresse und einer größeren Anstrengungsbereitschaft bei den Schülerinnen und Schülern einher.

Die vorliegende Studie macht deutlich, dass das Vernetzungsniveau im Biologieunterricht eine wichtige Rolle bei der Ausbildung komplexer Wissensstrukturen und der Entwicklung einer positiven Lernmotivation einnimmt. In Anbetracht der beobachteten geringen inhaltlichen Vernetzung im Biologieunterricht und der niedrigen Qualität der Wissensstrukturen der Schülerinnen und Schülern sollten zukünftig Lernmaterialien entwickelt werden, in denen verstärkt das Herstellen von Zusammenhängen und Verknüpfen von Inhaltselementen gefordert wird. In den Kernlehrplänen der einzelnen Jahrgangsstufen sind die jeweiligen Fachinhalte auch über die Schuljahre hinweg enger miteinander zu vernetzen und Bezüge zwischen den Inhalten explizit zu machen. Dabei sollten auch Basiskonzepte bei der Strukturierung von Unterricht eine größere Rolle einnehmen.

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des Projektes „Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ im Graduiertenkolleg „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg-Essen durchgeführt und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.



## 2 Einleitung

Die unbefriedigenden Leistungen der Schülerinnen und Schüler<sup>1</sup> in Deutschland in den internationalen Vergleichsstudien TIMSS (*Third International Mathematics and Science Study*) und PISA (*Programme for International Student Assessment*) weisen auf Schwächen im Naturwissenschaftsunterricht hin. Die Schüler zeigten unter anderem Defizite im konzeptuellen Verständnis und in der Anwendung des Gelernten (Baumert et al., 1998, 92). Mehr als ein Viertel von ihnen erreichte lediglich die unterste Stufe naturwissenschaftlicher Grundbildung, was der Fähigkeit entspricht, einfaches Faktenwissen wiederzugeben (Prenzel et al., 2001, 235).

Der geringe Lernerfolg der Schüler wird unter anderem darauf zurückgeführt, dass im Naturwissenschaftsunterricht zu wenig kumulativ gelernt wird (z.B. Baumert et al., 1997, 114, 1998, 122). Neues Wissen wird zwar angehäuft, aber nicht ausreichend mit bereits Gelerntem verknüpft. Die Vernetzung der einzelnen fachlichen Wissens Elemente wird aber als eine Grundlage für kumulatives Lernen erachtet. Dadurch soll eine kontinuierliche, aufeinander aufbauende Entwicklung einer anschlussfähigen, gut organisierten und vernetzten Wissensbasis ermöglicht werden. Auch die Autoren der Expertise „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (SINUS) bemängeln, dass Fachinhalte im Unterricht kaum vernetzt und in einen größeren Zusammenhang gestellt werden. Vielmehr werden „einzelne Fachgebiete häufig als relativ in sich geschlossene Einheiten unterrichtet [...], die kaum aufeinander aufbauen und deshalb ein systematisches Wiederholen und Vernetzen der Inhalte auch nicht erfordern“ (BLK, 1997, 78). Für den deutschen Biologieunterricht wurde dies bereits in den 70er Jahren beklagt (z.B. Kattmann, 1975). Mangelnde Vernetzung betrifft dabei nicht nur das Curriculum des Faches, sondern auch die Feinstruktur des Unterrichtsverlaufs (vgl. Messner, 1978).

Für die Ausbildung einer vielfältig vernetzten Wissensstruktur ist eine kohärente und kontinuierliche Anordnung des Lehrstoffs notwendig, was nach Meinung der Autoren der Expertise unter anderem durch vertikale Verknüpfungen zwischen früheren, aktuellen oder auch zukünftigen Lerninhalten erreicht werden soll (vgl. BLK, 1997, 93). Durch das

---

<sup>1</sup> Für eine bessere Lesbarkeit wird im Folgenden für alle Personen die männliche Form verwendet. Es sind gleichermaßen alle weiblichen Personen gemeint.

Erkennen von Beziehungen zu bereits Gelerntem wird Schülern das Erfahren von Kompetenzzuwachs ermöglicht. Das Erleben von Kompetenzzuwachs wird als ein wichtiger Aspekt für die Entwicklung und Aufrechterhaltung einer positiven Lernmotivation erachtet.

Die Einführung verbindlicher Bildungsstandards stellt eine Konsequenz aus den Ergebnissen der internationalen Vergleichsstudien dar, welche auch die Förderung kumulativen Lernens zum Ziel haben (vgl. Klieme et al., 2003). In den Bildungsstandards für das Fach Biologie soll kumulatives Lernen unter anderem mit Hilfe von Basiskonzepten erzielt werden (KMK, 2005). Sie dienen als übergeordnete Rahmen, in die neue Fachinhalte mit bereits erworbenen Kenntnissen verknüpft und so ein kontinuierlicher Aufbau vernetzter Wissensstrukturen erreicht werden soll. Derartige Vorschläge haben bereits Eingang in erste Kernlehrpläne der Bundesländer gefunden (vgl. Entwurfsfassung des Kernlehrplans für das Fach Biologie in Nordrhein-Westfalen vom 12.03.2007).

Bei Schülern die Entwicklung und Ausbildung vernetzter Wissensstrukturen zu fördern ist seit jeher Ziel von Unterricht. So mahnte beispielsweise der deutsche Pädagoge und Philosoph Leuchtenberger bereits im Jahr 1909 in seinem Vademecum für junge Lehrer, das Neue mit dem in Verbindung zu bringen, was die Schüler bereits wissen. In den 60er Jahren wurde diese Idee von Pädagogen und Psychologen erneut aufgegriffen. Gagné (1962, 1973) entwickelte das Modell des kumulativen Lernens, in dessen Mittelpunkt die sachlogische Anordnung von Wissenselementen steht. Bruner (1960) machte zu ähnlicher Zeit den Vorschlag, Unterrichtsinhalte in Form eines Spiralcurriculums anzuordnen, die im Laufe der Schuljahre auf immer höherem Niveau behandelt werden. Auch bei Ausubel (1968) und Wittrock (1974, 1990) steht das Vorwissen der Schüler und die Verknüpfung der einzelnen Wissens Elemente im Vordergrund sinnvoller Lehr-Lernprozesse.

Als eine Zielperspektive des Naturwissenschaftsunterrichts wird der Aufbau einer gut organisierten, vernetzten Wissensbasis in der jeweiligen Fachdomäne genannt (vgl. BLK, 1997, 17). Diese soll zum einen anschlussfähig sein und nachfolgendes Lernen erleichtern und zum anderen die Lernmotivation der Schüler erhöhen. Es wurden eine Vielzahl bildungspolitischer Maßnahmen und schulnaher Programme durchgeführt, die sich mit der praktischen Umsetzung von Vernetzung im Naturwissenschaftsunterricht befassen. So beschäftigte sich z.B. im Rahmen des SINUS-Programms ein Modul mit kumulativem Lernen und Erleben von Kompetenzzuwachs (Harms & Bünder, 1999). Das Projekt Biologie im Kontext (bik) hat zum Ziel, biologische Basiskonzepte, lebensweltliche und gesellschaftliche Kontexte sowie fachliche Kompetenzen zu verbinden. Hierdurch soll die Integration in

Vorwissen und Alltagserfahrungen, die Anwendung des Wissens und das Interesse der Schüler gefördert werden (Bayrhuber et al., 2007).

Allgemein wird eine mangelnde Vernetzung im Unterricht beklagt. Obgleich bereits erste Anstrengungen unternommen worden sind, Vernetzung und damit kumulatives Lernen im Biologieunterricht zu fördern, liegen bisher kaum Untersuchungen vor, die sich mit der Analyse von Vernetzung im deutschen Biologieunterricht befassen haben. Es existieren kaum empirische Studien über den Zusammenhang zwischen Vernetzung im Biologieunterricht und der Ausbildung vernetzter Wissensstrukturen. Ebenso wenig wurde die Bedeutung von Vernetzung für die Lernmotivation der Schüler empirisch untersucht.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, derzeitigen Biologieunterricht der Gymnasialklasse 9 hinsichtlich seiner inhaltlichen Vernetzung zu analysieren und zu beschreiben. In einer quasi-experimentellen Untersuchung wird die Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Lernleistung überprüft. Zudem werden Zusammenhänge zwischen dem Vernetzungsniveau im Biologieunterricht und der Lernmotivation der Schüler ermittelt.

### **3 Theoretischer Rahmen**

Die Begriffe Vernetzung und kumulatives Lernen werden in der Literatur unterschiedlich definiert. Im Folgenden wird auf die Verwendung dieser Begriffe näher eingegangen und theoretische Ansätze vorgestellt, die diese beinhalten oder indirekt implizieren. Aspekte dieser Modelle dienen als eine Grundlage für die Entwicklung eines Kategoriensystems zur Analyse von Vernetzung im Unterricht. Es wird auf die Bedeutsamkeit einer elaborativen Verarbeitung von Fachinhalten als eine weitere Form der Vernetzung eingegangen. Sie ist ebenfalls ein Bestandteil des in der vorliegenden Arbeit entwickelten Kategoriensystems.

Es werden Initiativen, die bislang zur Förderung kumulativen Lernens ergriffen worden sind, beschrieben. Es schließt sich eine Konzeptualisierung deklarativer Wissensstrukturen an. Die Begriffsnetzmethode wird als eine Möglichkeit, Wissensstrukturen zu erfassen und darzustellen, näher erläutert.

Die Bedeutung von Vorwissen und Lernmotivation für Vernetzung und kumulatives Lernen werden thematisiert. Möglichkeiten ihrer Förderung stellen zugleich eine Form von Vernetzung dar und sind in modifizierter Form Bestandteil des entwickelten Kategoriensystems. Abschließend werden Zielsetzung, Forschungsfragen und Hypothesen der Studie vorgestellt.

#### **3.1 Vernetzung und kumulatives Lernen**

##### **3.1.1 Kognitionspsychologische Ansätze und didaktische Betrachtungen zu Vernetzung und kumulativem Lernen**

Im Kontext schulischen Lernens wird zwischen vertikaler und horizontaler Vernetzung unterschieden. Vertikale Vernetzung bezeichnet die Verknüpfung von Unterrichtsinhalten innerhalb eines Schulfaches, während bei einer horizontalen Vernetzung Unterrichtsthemen unterschiedlicher Fächer in Beziehung zueinander gebracht werden (vgl. BLK, 1997, 50).

Das Wort kumulativ stammt aus dem Lateinischen und bedeutet „(an)häufend, sich steigend“. Im derzeitigen Diskurs werden mit dem Begriff des kumulativen Lernens Lernprozesse bezeichnet, in denen neue Fachinformationen im Unterricht nicht nur akkumuliert, sondern an bereits vorhandenes Wissen angeknüpft, miteinander vernetzt und in sinnstiftende Zusammenhänge gestellt werden: Beim kumulativen Lernen werden „Inhalte und Prozesse aufeinander aufgebaut, systematisch vernetzt, stetig angewandt und aktiv

gehalten“ (Klieme et al., 2003, 27). Baumert und Köller betrachten Lernen als einen „aktiven individuellen Konstruktionsprozess, in dem Wissensstrukturen verändert, erweitert, vernetzt, hierarchisch geordnet oder neu generiert werden“ (Baumert & Köller, 2000, 273). Seel bezeichnet Lernprozesse, die zum Aufbau komplexer und überdauernder Wissensstrukturen beitragen als kumulativ (Seel, 2003, 24).

Kumulatives Lernen wird oft mit bedeutungsvollem Lernen in Verbindung gebracht (Shuell, 1986a) und dem sogenannten additiven Lernen gegenübergestellt. Additives Lernen bezeichnet die Ansammlung einzelner fachlicher Wissens Elemente, die jedoch isoliert nebeneinander stehen und ein vorwiegend mechanisches statt verständnisorientiertes Lernen bewirken. Durch Vernetzung soll bei Schülern der Aufbau und die Entwicklung komplexer Wissensstrukturen gefördert werden. Die effiziente Vermittlung der Fachstruktur ist seit jeher ein wichtiges Ziel von Unterricht (z.B. Bruner, 1960, 1966; Shavelson, 1972, 1974). Struktur ist dabei definiert als eine Ansammlung einzelner Elemente und die Beziehung zwischen diesen Elementen (vgl. Shavelson, 1972). Strukturelles Wissen ist nach Shavelson (1974) für ein tiefergehendes Verständnis des Fachinhalts notwendig, führt zu einer besseren Behaltensleistung und fördert erfolgreiches Problemlösen.

Aebli bezeichnet den Aufbau kognitiver Strukturen als „[...] das Stiften von Beziehungen. Indem unverbundene Elemente zueinander in Beziehung gesetzt werden, wird eine Struktur erzeugt. Liegt diese von Anfang an vor, werden daran jedoch gewisse Beziehungen gelöst und andere neu gestiftet, so transformiert sich die ursprüngliche Struktur in eine neue“ (Aebli, 1980, 24).

Es kann davon ausgegangen werden, dass Unterricht einen entscheidenden Einfluss auf die Bildung adäquater Wissensstrukturen ausübt. Shavelson (1972) sowie Geeslin und Shavelson (1975) verglichen die Wissensstrukturen, die Schüler im Verlauf des Physik- bzw. Mathematikunterrichts entwickelten mit der Lehrstoffstruktur des Faches und konnten zeigen, dass diese immer stärker vernetzt und der Lehrstoffstruktur zunehmend ähnlicher wurden. Für kumulative Lernprozesse müssen demnach fachliche Wissens Elemente miteinander verknüpft und die Unterrichtsinhalte in einen größeren Zusammenhang gestellt werden.

Aufgrund der Bedeutung der Ausbildung vernetzter kognitiver Wissensstrukturen, existiert eine Vielzahl an Modellen, die sich, zumeist implizit, mit Formen der Vernetzung und des kumulativen Lernens im Unterricht befassen. Im Folgenden werden für die vorliegende Studie relevante Aspekte dieser Ansätze dargestellt und ihre Entwicklung skizziert.

Im Bemühen Unterricht und Lehrerbildung zu vereinheitlichen wurden gegen Ende des 19. Jahrhunderts die Formalstufen des Unterrichts in öffentlichen Schulen eingeführt. Sie wurden von Ziller (1876) in Anlehnung an Herbart, entwickelt und können als eine Grobgliederung des Unterrichts betrachtet werden. Sie bestehen aus fünf zeitlich aufeinanderfolgenden, laut Ziller, unabhängig vom Unterrichtsfach anwendbaren Stufen: In der ersten Stufe (Analyse) knüpft der Lehrer an das Vorwissen seiner Schüler an. Der Unterrichtsinhalt wird daraufhin erarbeitet (Synthese; zweite Stufe) und die neuen Sachverhalte in einer dritten Stufe mit bereits Gelerntem in Beziehung gesetzt (Assoziation). Die Einordnung des neu Gelernten in einen übergeordneten fachwissenschaftlichen Rahmen erfolgt auf der vierten Stufe (System). Die letzte Stufe dient dazu, das Erarbeitete zu üben und anzuwenden (Methode).

Eine kognitionspsychologische Betrachtungsweise kumulativen Lernens wurde insbesondere durch die Arbeiten von Gagné gefördert (vgl. Weinert, 1996). In den 60er Jahren entwickelte er das Modell des kumulativen Lernens, in welchem er behavioristische und kognitivistische Aspekte des Lernens kombinierte (Gagné, 1962, 1969). Wissenserwerb betrachtet er als den Erwerb von Regeln, wobei Regeln aus einer Kombination von Begriffen bestehen. Ein zentraler Aspekt des Modells, das gleichzeitig als eine Instruktionsanleitung betrachtet werden kann, ist die Aufstellung von Lernhierarchien. Insgesamt besteht das Modell aus acht aufeinander aufbauenden Lernarten. Für Unterricht hauptsächlich interessant sind die drei letzten Stufen: das Begriffslernen, das Regellernen und das Problemlösen. Für den Erwerb von „neuem“ Wissen ist es zunächst notwendig, dass relevante Begriffe erlernt werden (Begriffslernen). Die Kenntnis von Begriffen stellt eine Voraussetzung für das Regellernen dar. Das Regellernen besagt, dass der Lernende Beziehungen und Zusammenhänge zwischen den Begriffen erkennt. Dies soll ihn letztlich zum Problemlösen befähigen. Gagné sieht es als essenziell an, dass gewisse Voraussetzungsstrukturen für ein erfolgreiches Lösen anspruchsvoller Aufgaben, wie relevantes Vorwissen, vorhanden sein müssen und fordert daher dazu auf, Lerninhalte sachlogisch zu sequenzieren.

Zu ähnlicher Zeit führte Bruner das sogenannte Spiralcurriculum ein, dass neben der Stoffanordnung auch entwicklungs- und lernpsychologische Aspekte des Schülers berücksichtigte. Bei diesem spiraligen Lehrgang werden im Laufe der Schuljahre Unterrichtsthemen wiederholt bearbeitet, erweitert und differenziert und dadurch ein höheres Verständnisniveau erreicht. Bruner (1960) hat in seinem Werk „Der Prozess der Erziehung“ vier Punkte als bedeutsam herausgestellt: 1) ein Verständnis der Fachstruktur, durch das Beziehungen zwischen den Inhalten erkannt und neue Sachverhalte bedeutungsvoll

eingeordnet werden können, 2) eine angemessene Konfrontation bereits junger Schüler mit wichtigen wissenschaftlichen Konzepten, 3) naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung (engl. *scientific inquiry*) aktiv zu praktizieren und 4) das Wecken von Interesse am Lernmaterial.

Norman (1973) schlägt vor, Lehrinhalte nach dem *web teaching* zu sequenzieren. Bei diesem Lehrgang werden sowohl die Struktur des Lerngegenstandes, d.h. Begriffe und Zusammenhänge zwischen einzelnen Begriffen als auch die Wissensstruktur des Schülers berücksichtigt. Neu zu lernende Inhalte werden durch eine Anbindung an das Vorwissen der Schüler in ihre Wissensstrukturen integriert und so ein Netzwerk geschaffen, in dem die Beziehungen zwischen ihrem Vorwissen und den einzelnen Elementen im Vordergrund stehen. Das *web teaching* steht im Kontrast zum *linear teaching*. Beim *linear teaching* werden nach und nach einzelne Informationen an vorhandenes Wissen „addiert“, jedoch ohne eine Vernetzung herzustellen, so dass laut Norman effektives Lernen verhindert wird. Tillema (1983) hat das *web teaching* als ein lernförderliches Verfahren herausgestellt. In einer experimentellen Untersuchung erbrachten Schüler mit geringem Vorwissen signifikant bessere Leistungen, wenn sie mit einem Text lernten, der nach den Prinzipien des *web teaching* strukturiert worden war als vergleichbare Schüler, deren Text in linearer Weise angeordnet war. Bei Schülern mit einem hohen Vorwissen erbrachte jene Methode allerdings keinen Vorteil hinsichtlich ihres Lernerfolgs.

Auch Shuell (1990) stellt in seinem heuristischen Modell Lernen als ein Vernetzen und in Beziehung setzen einzelner Wissens Elemente dar. Das Modell, in welchem er die Situation des Lernenden sowie die Aufgabe des Lehrenden während des Lehr-Lernprozesses beschreibt, besteht aus drei Phasen: Die Initialphase bezeichnet den Beginn eines Lernprozesses und ist unter anderem dadurch charakterisiert, dass der Lernende mit einer Ansammlung themenrelevanter Fakten, die unverbunden nebeneinander stehen und einen Sinnzusammenhang noch nicht erkennen lassen, konfrontiert ist. Die Aufgabe des Lehrenden in dieser Phase ist zum einen, die Lernenden zum Explorieren und intuitivem Schlussfolgern anzuregen, zum anderen Vorwissen zu aktivieren und zu informieren. In der Zwischenphase werden Zusammenhänge, sachlogische Beziehungen, Regelhaftigkeiten oder Gesetzmäßigkeiten erkannt. Abstrakte Schemata werden gebildet und erworbenes Wissen angewendet. Der Lehrende hat die Aufgabe diese Prozesse zu fördern, z.B. durch sokratische Dialoge oder informative Rückmeldungen. In der Endphase werden die erworbenen Schemata

möglichst selbstständig verfeinert, angewendet, automatisiert und erweitert. Der Lehrende sollte dies durch geeignete Maßnahmen, z.B. Übungen, unterstützen.

Zwei Ansätze, die laut Seel (2003) weitreichende didaktische Implikationen zur Folge hatten, sind die Theorien des sinnvollen verbalen Lernens von Ausubel und die des generativen Lehrens und Lernens von Wittrock. Beide Theorien gründen auf der Annahme, dass das semantische Wissensgedächtnis in Form von Begriffen und Begriffsstrukturen organisiert ist.

Ausubel (1963, 1968, 1974) betrachtet Lernen als einen Assimilationsprozess, bei dem neue Lerninhalte mit dem Vorwissen verknüpft und in bestehende kognitive Strukturen integriert werden müssen. Dabei stellt er das *rote learning* und das *meaningful learning* gegenüber. Während beim *rote learning* einzelne, isolierte Fakten oder willkürliche Assoziationen wortwörtlich mehr oder weniger auswendig gelernt werden, werden beim *meaningful learning* neue Informationen zu bereits vorhandenem Wissen in Beziehung gesetzt und in vorhandene kognitive Strukturen integriert. Auf diese Weise wird bedeutungsvoll gelernt und erweiterte sowie ausdifferenziertere Wissensstrukturen erreicht. Das Vorwissen spielt hierbei eine essenzielle Rolle, was in einer oft zitierten Aussage Ausubels deutlich wird: „If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The single most important factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly” (Ausubel, 1968, 18). Bedeutungsvoll gelerntes Material kann, im Gegensatz zu willkürlich Gelerntem, aufgrund seiner Vernetzung und Einordnung in bestehende Wissensstrukturen besser behalten, abgerufen und angewendet werden.

Als eine Aufgabe des Lehrers führt Ausubel die systematische Planung und Strukturierung der zu lernenden Fachinhalte an. Dabei müssen, damit sinnvoll rezeptives<sup>2</sup> und kumulatives Lernen stattfinden kann, fünf Grundsätze zur Organisation des Unterrichtsinhalts beachtet werden, die die Prinzipien seines *Expositorischen Lehrverfahrens* konstituieren: Sind zu Beginn des Lernprozesses notwendige Begriffe beim Schüler nicht vorhanden, müssen sie vom Lehrer in Form von vorangestellten Strukturierungshilfen, sogenannte *advance organizer*, bereitgestellt werden (Ausubel, 1963; Ausubel & Robinson, 1969). *Advance organizer* dienen als kognitive Vorstrukturierung in dem Sinne, dass sie, abgestimmt auf den

---

<sup>2</sup> Ausubel meint mit rezeptiven Lernen nicht passives Lernen, wie es in der kognitivistischen Position zum Lehren und Lernen angenommen wird, sondern Lernen von Inhalten, die vom Lehrenden in strukturierter Form dargeboten werden (im Gegensatz zum sogenannten puren entdeckenden Lernen, das Ausubel als zu unstrukturiert und damit als nicht lernförderlich kritisiert hat).



Adressaten, eine Brücke zwischen Vorwissen, d.h. bereits vorhandenen Anknüpfungspunkten und neuen Lerninhalten herstellen. Sie geben einen konzeptuellen Rahmen vor, in den die neu zu erwerbenden Inhalte eingeordnet werden können. Dabei ist ein *advance organizer* auf einem höheren Abstraktions- und Generalisationsniveau als der zu lernende Inhalt zu formulieren.

Ausubel hat in eigenen Studien die Wirksamkeit von *advance organizern* aufgezeigt (vgl. Ausubel, 1960; Ausubel & Fitzgerald, 1961, 1962). Barnes und Clawson (1975) reanalysierten 32 Studien und konnten insgesamt keine lernförderliche Wirkung feststellen. Allerdings wird als ein Grund dieser inkonsistenten Ergebnisse die uneindeutige Definition Ausubels, welche Faktoren bei der Nutzung von *advance organizern* zu beachten sind, gesehen. Neuen Studien zufolge bewähren sie sich, wenn sie konkret formuliert sind und Lernende wenig Vorwissen bzw. Schwierigkeiten haben, selbst eine Beziehung zwischen Vorwissen und neuem Lerninhalt herzustellen. Luiten et al. (1980) konnten in einer Metaanalyse einen lernförderlichen Effekt von *advance organizern* sowohl auf das Lernen als auch auf die Behaltensleistung feststellen. Nach Mayer (1979, 1984) ist es möglich, durch *advance organizer* geeignete Schemata beim Lernenden zu aktivieren, die beim Einordnen neuer Inhalte greifen. Im Unterricht können durch sogenannte *post organizer* am Ende einer Lehr-Lernsequenz weitere Relationen, z.B. zwischen übergeordneten Oberbegriffen verdeutlicht werden. Dies kann durch das Herausstellen von Ähnlichkeiten und Unterschieden geschehen oder durch das Betrachten gelernter Konzepte unter neuen Gesichtspunkten. Es gibt hierzu jedoch wenig empirische Forschung.

Ein weiterer Grundsatz des *expositorischen Lehrverfahrens* Ausubels ist die progressive Differenzierung, d.h. dass Sachverhalte zunächst allgemein und im Verlauf immer detaillierter betrachtet werden. Es werden Abhängigkeiten, z.B. eine chronologische Reihenfolge, finale oder kausale Abfolgen zwischen den Begriffen und Strukturen des Inhalts herausgestellt.

Beim integrierenden Verbinden werden innerhalb des Sachverhaltes inhaltliche Beziehungen und Querverbindungen zu anderen Themenbereichen, z.B. durch das Aufzeigen von Ähnlichkeiten und Unterschieden hergestellt. Der Lehrer macht den Schülern bewusst, in welchem größeren Zusammenhang der neu erarbeitete Lerninhalt steht.

Zum Abschluss erfolgt eine Festigung des Gelernten durch Übung und Wiederholung, was als Konsolidierung bezeichnet wird. Erst wenn diese Voraussetzungsstrukturen sichergestellt sind, werden neue Aufgaben bearbeitet. Diese Forderung wird „nicht nur für das kumulative

Lernen in einem Schulfach erhoben, sondern auch für das Lernen innerhalb einer komplexen Lernaufgabe, in der jede Komponente dazu tendiert, eine eigenständige Inhaltseinheit zu konstituieren“ (Seel, 2003, 157).

Auch beim Modell des generativen Lehrens und Lernens von Wittrock (1974a, 1978, 1990, 1991) steht die aktive Konstruktion von Bedeutungen für verständnisvolles Lernen im Mittelpunkt. Das Modell entstand ursprünglich im Rahmen von Studien zum Leseverstehen (Wittrock, 1974a) und wurde nachfolgend im Hinblick auf naturwissenschaftliche Bildung ausdifferenziert (Osborne & Wittrock, 1983). Das Modell basiert auf einer konstruktivistischen Sichtweise von Lernen (z.B. Magoon, 1977) und den Ansätzen der Informationsverarbeitung der kognitiven Psychologie, wobei es den generativen Prozess, d.h. das Herstellen von Beziehungen (Zusammenhängen) zwischen Wissenselementen betont. Dem Vorwissen und den (Vor-) Erfahrungen von Lernenden werden eine essenzielle Bedeutung für nachfolgendes Lernen beigemessen. Osborne und Wittrock (1985) weisen darauf hin, dass diese vom Lernenden auf der Basis vorhandener Wissensbestände konstruierte Bedeutung jedoch nicht unbedingt vom Lehrer intendiert oder mit dessen Wissensstruktur kompatibel sein muss.

Die Funktion des Modells ist es, anders als bei Modellen zur Repräsentation von Wissen und Gedächtnis, ein Verständnis der generativen Prozesse des Lernens zu erreichen und praktische Anwendungsmöglichkeiten und Instruktionsanweisungen zur Förderung kognitiven Lernens bei Schülern zu entwickeln (Wittrock, 1992).

Das Modell besteht aus vier Faktoren, die für generative Lehr-Lernprozesse als bedeutsam erachtet werden: 1) Aufmerksamkeit, 2) Motivation, 3) Vorwissen, Vorstellungen und Erfahrungen und 4) Generierung, d.h. Wissenskonstruktion durch Knüpfen von Beziehungen (Wittrock, 1991, 1992). Bei der Generierung unterscheidet Wittrock zwei Arten, Beziehungen herzustellen: zum einen innerhalb der neuen Informationen selbst, zum anderen zu Vorwissen und (Vor-) Erfahrungen: „comprehension involves learners in the generation of relations between or among the parts – the words, sentences, and ideas, for example, in the materials they are learning. Learning with understanding includes also the generation of relations between previously acquired knowledge and the information to be learned [...]“ (Wittrock, 1986, 306). Dieses aktive und dynamische Konstruieren führt zu einer Reorganisation und Elaboration des Wissens und damit zu einem besseren Verständnis des Lerninhalts (Wittrock, 1990, 1992). Wissen, dass mit dem Vorwissen sinnvoll verknüpft ist, wird zudem erfolgreicher abgerufen. Wittrock sieht es daher in der Praxis als eine wichtige Aufgabe des

Lehrers an, diese beiden Arten der Verknüpfung bei Schülern anzuregen und zu fördern. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass der Lehrer den Schülern relevante Aspekte der vorigen Stunde und ihre Bedeutung für die aktuelle Stunde verdeutlicht, herausstellt, in welcher Beziehung der neue Lerninhalt zum Vorwissen der Schüler steht oder allgemeine Konzepte und Definitionen aufzeigt (Osborne & Wittrock, 1985). Er macht darauf aufmerksam, dass naturwissenschaftliche Ideen zudem lebensweltliche, historische, philosophische und mathematische Aspekte beinhalten, zu denen Bezüge hergestellt werden können. Studien konnten zeigen, dass Schüler durch das Herstellen solcher Bezüge die Idee des Lerninhalts besser behalten konnten als Schüler, die keine Bezüge hergestellt haben (Gunstone, 1981; Mackenzie & White, 1981, zitiert nach Osborne & Wittrock, 1985).

In Anlehnung an kognitive Lernstrategien (Elaborationsstrategien) können konkrete Maßnahmen zur Förderung der Generierung z.B. das Aufwerfen von Fragen, die Herausarbeitung der Hauptidee, das Geben von Beispielen, das Abgeben von Erklärungen oder das Ziehen von Inferenzen sein (Wittrock, 1991). Mayer und Wittrock (1996) betrachten die generative Methode als eine Instruktionsmöglichkeit, durch die Schüler angeregt werden, aktiv und bedeutungsvoll zu lernen. So zeigten Grundschüler, die verbale oder imaginale Beziehungen zwischen dem Textinhalt und ihren Erfahrungen ziehen sollten im Vergleich zur Kontrollgruppe ein höheres Textverständnis (Linden & Wittrock, 1981; siehe auch eine Studie von Kourilsky & Wittrock, 1987 mit Schülern in der High School).

Ein weiterer Lehrgang, der auf kognitiven Lerntheorien basiert, ist die Elaborationstheorie der Instruktion (Reigeluth & Stein, 1983), in der die Sequenzierung der Fachinhalte im Mittelpunkt steht (English & Reigeluth, 1996). Sie orientiert sich vornehmlich an Ausubels Idee des *advance organizer* und der progressiven Differenzierung (Ausubel, 1968) sowie auf Bruners Konzeption des Spiralcurriculums (Bruner, 1960).

Die Sequenzierung von Fachinhalten beginnt in diesem Lehrgang mit einem Epitom, einem übergeordneten fundamentalen Konzept. Dieses dient als inhaltlicher Rahmen des Lerninhalts und wird in einen Zusammenhang zum Vorwissen der Schüler gebracht. Die Lerninhalte werden nach und nach elaboriert und dabei immer wieder in den Gesamtzusammenhang gestellt. Dabei finden Prozesse, wie das Selektieren, Sequenzieren, Verbinden und Zusammenfassen der Inhalte statt. Beim Sequenzieren werden Entscheidungen bezüglich der Anordnung der Unterrichtsinhalte getroffen. Das Verbinden bezeichnet das Herstellen von Bezügen zwischen den einzelnen biologischen Inhalten am Ende der Unterrichtsstunde oder -einheit. Reigeluth et al. (1980) unterscheiden dabei zwischen einem *lesson synthesizer*, bei

dem die Beziehungen zwischen den Inhalten innerhalb einer Unterrichtsstunde verdeutlicht werden und einem *set synthesizer*, bei dem auch Beziehungen zwischen Inhalten thematisiert werden, die sich über mehrere Unterrichtsstunden erstrecken. Damit sinnstiftendes Lernen stattfindet, schlagen sie vor, dass die Sachstruktur nicht nur zur Strukturierung des Themas, sondern als solche selbst Teil des Lernstoffs sein sollte.

In der vorliegenden Arbeit war es von besonderem Interesse zu untersuchen, inwieweit im Unterricht einzelne Fakten vermittelt oder Zusammenhänge sowie Bezüge zwischen den fachlichen Inhaltselementen hergestellt werden. Auch die Herstellung von Bezügen zum Alltag oder der Lebenswelt der Schüler waren Gegenstand der Untersuchung. Wie bereits erwähnt, dienten die Hauptaspekte der beschriebenen Ansätze und Modelle dabei als eine Grundlage für die Entwicklung eines Kategoriensystems zur Erfassung von Vernetzung im Biologieunterricht.

### **3.1.2 Elaboration als eine Form der Vernetzung im Biologieunterricht und ihre Bedeutung für kumulatives Lernen**

Gemäß konstruktivistischer Annahmen ist Lernen als eine Veränderung eines bestehenden kognitiven Systems zu betrachten, wobei Informationen auf der Grundlage bereits vorhandener Wissensbestände vom Lernenden aktiv und individuell verarbeitet werden, was letztlich zu zunehmend ausdifferenzierten Wissensstrukturen führt (vgl. McNamara et al., 1996). Für den Aufbau und die Entwicklung reichhaltiger, vernetzter Wissensstrukturen sind kognitive Lernaktivitäten bedeutsam (vgl. Steiner, 2006). Sollen Informationen längerfristig behalten und ein tiefergehendes Verständnis erreicht werden, ist es notwendig, dass sich der Lernende bewusst mit den Lerninhalten auseinandersetzt und diese verstärkt elaboriert (vgl. Craik & Tulving, 1975). Die Elaboration von Lerninhalten beinhaltet, dass Konzepte verknüpft und eine komplexe Struktur, ein Geflecht aus Zusammenhängen konstruiert werden (vgl. Einsiedler, 1996). Mit Möglichkeiten der Förderung einer solchen Informationsverarbeitung haben sich unter anderen die Lernstrategie- und Textforschung<sup>3</sup> befasst.

Lernstrategien<sup>4</sup> sind Handlungen, die auf den Erwerb von Wissen und Verständnis ausgerichtet sind. Sie bezeichnen jene Gedanken und Verhaltensweisen, die der Lernende

---

<sup>3</sup> Dabei kann es sich sowohl um schriftliche als auch um mündliche Texte handeln.

<sup>4</sup> Lernstrategien werden zumeist in kognitive, motivational-affektive sowie metakognitive Strategien unterteilt.

aktiviert, um die Selektion, den Erwerb, die Organisation und die Integration neuer Informationen positiv zu beeinflussen und zu steuern (Weinstein & Mayer, 1986; Mandl & Friedrich, 2006). Bei Lernstrategien handelt es sich folglich um internale, vom Lernenden gesteuerte, auf ein Lernziel gerichtete Prozesse, die aber auch von außen, beispielsweise durch den Lehrer, beeinflussbar sind. Lernstrategien, die auf die Verarbeitung von Fachinhalten ausgerichtet sind, werden als kognitive Lernstrategien bezeichnet. Sie umfassen Informationsverarbeitungsstrategien, die in Wiederholungs-, Organisations- und Elaborationsstrategien unterteilt werden. Im Weiteren werden Elaborationsstrategien dargestellt, da diese für die vorliegende Studie von Relevanz sind.

Unter Elaborationen werden kognitive, über den Lerninhalt hinausgehende Aktivitäten des Lernenden verstanden, die dazu dienen, neue Informationen anzureichern und zu erweitern. Zu diesen Aktivitäten zählen unter anderem die Aktivierung von Vorwissen, das Generieren von Fragen, das Bilden von Beispielen oder Analogien und das Paraphrasieren. Gemeinsames Ziel dieser Aktivitäten ist es, Vorwissen zu aktivieren, neue Informationen in Beziehung zum Vorwissen zu setzen, anzureichern und in bestehende kognitive Strukturen zu integrieren (Weinstein & Mayer, 1986), so dass eine verstärkte Vernetzung der Wissensbestände erfolgt. Durch diese vielfältige Verknüpfung der Wissenselemente wird der Abruf des Wissens erleichtert: „Elaborate, semantic, meaningful encoding and the embedding of experiences in a rich, accessible matrix ensure memorability” (van Dijk & Kintsch, 1983, 335) und eine bessere Behaltensleistung erzielt (Anderson, 1970; Craik & Lockhart, 1972).

Im Rahmen einer elaborativen Verarbeitung von Texten spielen Inferenzen eine bedeutende Rolle (vgl. Ballstaedt, 1997; van der Meer, 1996; Steiner, 2001). Inferenzen sind kognitive Prozesse oder Operationen innerhalb eines Verstehensprozesses, durch die auf der Basis des Vorwissens Lücken in bestehenden Schemata ausgefüllt oder aber Zusammenhänge geschaffen werden, die über den eigentlichen Text hinausgehen, d.h. auf der Basis vorhandener Wissensbestände „neues“ (verändertes, erweitertes, neuartiges) Wissen generiert wird (siehe hierzu Seel, 1983; Rickheit & Strohner, 1985; van der Meer, 1990). Inferenzen können als Vermittler zwischen dem Text und dem Vorwissen des Lernenden betrachtet werden (Guthke & Beyer, 1992).

Mandl und Ballstaedt (1982) haben untersucht, ob sich eine elaborative Verarbeitung auf das Behalten von Textinhalten auswirkt. Hierzu forderten sie die Versuchspersonen auf, nach jedem Satz alle Einfälle zu verbalisieren, die ihnen durch den Kopf gingen. Sie konnten einen positiven Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der elaborativen Verarbeitung und der

Behaltensleistung aufzeigen und folgerten, dass die Informationen aufgrund der verstärkten Verknüpfung zwischen Textinhalt und Vorwissen besser im Gedächtnis verankert worden waren (siehe auch Bransford et al., 1980).

In einer Untersuchung von Osman und Hannafin (1994) im Fach Biologie mit Schülern der 10. Jahrgangsstufe konnte gezeigt werden, dass textbegleitende Fragen, welche die Schüler ebenfalls anregten, neu erarbeitete Inhalte mit ihrem Vorwissen und ihren Alltagserfahrungen zu verknüpfen, einen lernförderlichen Effekt hatten. Die Gruppe mit textbegleitenden Fragen erreichte sowohl in der Beantwortung von Fakten- als auch Problemlösefragen bessere Leistungen als die Kontrollgruppe.

Diese Ergebnisse zeigen, dass eine elaborative Verarbeitung der Schüler durch den Lehrer oder das Lernmaterial gefördert werden kann, beispielsweise durch das Aufwerfen von Fragen (z.B. Diekhoff et al., 1982), das Erzeugen von Widersprüchen oder das Aufzeigen lebensnaher Beispiele. Teil der Instruktion sollte demnach sein, den Schülern den Abruf von Vorwissen zu erleichtern, Elaborationen zum Lerninhalt anzuregen und so den Aufbau und die Erweiterung einer stärker vernetzten Wissensstruktur zu fördern (Glaser, 1984). Dabei spielt die Qualität der Elaborationen eine wichtige Rolle. Allerdings wurde festgestellt, dass in den von Schülern im Unterricht gestellten Fragen eher oberflächliche Aspekte, vor allem Fakten, erkunden (King, 1990). Tiefe, verstehensorientierte Aspekte spielen keine bedeutende Rolle. Zudem wird im Allgemeinen der Sprechanteil der Schüler im Unterricht als zu gering angesehen.

Die hier dargestellten Ausführungen beziehen sich hauptsächlich auf (experimentelle) Studien im Bereich des Textlernens. Dennoch lassen sich auch für die Untersuchung von unterrichtlichem Lernen wertvolle Aspekte ableiten, wobei von einer prinzipiellen Übertragbarkeit der oben genannten Ausführungen auf gesprochene Sprache (mündliche Texte) ausgegangen wird. Auch im Unterricht sollten Lerninhalte von Schülern tiefergehend verarbeitet werden. Elaborationen, die in Form von Äußerungen erkennbar werden können, spiegeln eine aktive Verarbeitung von Lerninhalten wider und zeigen an, dass neue Informationen zueinander oder mit vorhandenen Wissensbeständen in eine Beziehung gebracht und somit vernetzt werden. Elaborationen, die vom Schüler im Unterricht verbalisiert werden, werden als eine „sichtbare“ Erscheinungsform kognitiver Lernprozesse angesehen. Sie stellen in adaptierter Form einen Gegenstand des Kategoriensystems dieser Studie dar.

### **3.1.3 Aktuelle Problembereiche und Initiativen zur Förderung kumulativen Lernens durch Vernetzung im Unterricht**

Untersuchungen, die sich mit Vernetzungsaspekten beschäftigt haben, sind z.B. die TIMSS Videostudie im Fach Mathematik (Stigler et al., 1999), eine Dissertation in der Physikdidaktik (Weber, 2002) und eine weitere Studie zum Physikunterricht (Müller & Duit, 2004). Wie bereits erwähnt, liegen diesbezüglich kaum empirische Befunde für deutschen Biologieunterricht vor.

In der TIMSS Videostudie wurde der Mathematikunterricht der 8. Jahrgangsstufe an US-amerikanischen, deutschen und japanischen Schulen untersucht und hinsichtlich seiner Vernetzung verglichen. Vernetzung wird definiert als „explicit verbal reference by the teacher to ideas or events from another lesson or part of the lesson“ (Stigler et al., 1999, 117). Die Autoren haben festgestellt, dass im japanischen Mathematikunterricht, der sich in den internationalen Vergleichsstudien als sehr leistungsstark gezeigt hat, die Lehrer häufiger Vernetzungen hergestellt haben als Lehrer im deutschen oder US-amerikanischen Unterricht. Bezüge zu einem vergangenen Unterricht wurden in Japan in 91 % der Unterrichtsstunden hergestellt, im Vergleich zu 55 % der Unterrichtsstunden in Deutschland (Stigler et al., 1999).

Weber (2003) hat innerhalb der Unterrichtseinheit Optik ein Unterrichtskonzept entwickelt, mit dem bei Schülern kumulative Lernprozesse von der 10. bis 11. Jahrgangsstufe gefördert werden sollen. In einer weiteren Untersuchung zum Physikunterricht (7. und 8. Jahrgangsstufe) wurden von videografierten Unterrichtsstunden Sachstrukturen<sup>5</sup> angefertigt und diese unter anderem hinsichtlich der Vernetztheit seiner Inhalte und des Einbezugs von Vorwissen (aus dem Unterricht und dem Alltag) analysiert. Dabei zeigte sich, dass beim Thema Elektrizitätslehre eine hohe Vernetztheit der unterrichtlichen Inhalte und ein häufiger Einbezug von Vorwissen mit einem höheren Lernerfolg zusammenhing (Müller & Duit, 2004). Aufgrund der kleinen Stichprobe kann diese Studie jedoch lediglich erste Hinweise geben.

---

<sup>5</sup> Mit Sachstruktur wird hier die Struktur der Inhalte, die im Unterricht vermittelt wurden und ihre Beziehungen untereinander bezeichnet.

Nach den unbefriedigenden Ergebnissen der Schüler in Deutschland in internationalen Vergleichsstudien sind bereits einige Anstrengungen unternommen worden, Problembereiche des Naturwissenschaftsunterrichts zu spezifizieren und Maßnahmen zur Förderung von Vernetzung und kumulativem Lernen im Unterricht zu ergreifen.

Im Gutachten zur Vorbereitung des Programms SINUS (BLK, 1997) wurden einige Problembereiche des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, die offenbar kumulatives Lernen erschweren, aufgeführt. So wird eine mangelnde vertikale Vernetzung konstatiert; aufeinander aufbauende, inhaltliche Verknüpfungen von Wissenselementen innerhalb des Faches werden kaum hergestellt. Darüber hinaus wird bemängelt, dass Schüler über ein ungenügendes Basiswissen verfügen, so dass eine Anknüpfung neuer Lerninhalte nur eingeschränkt stattfinden kann. Zudem sind nur wenig entwickelte fachspezifische Denkkonzepte vorhanden, wodurch ein Einordnen einzelner fachlicher Wissens Elemente in übergeordnete Zusammenhänge erschwert wird. Auch eine mangelnde horizontale Vernetzung wird als Problem angesehen.

Es wurden Bildungsstandards eingeführt, die in den Kernlehrplänen der jeweiligen Unterrichtsfächer ausgearbeitet werden und durch die vernetztes Wissen befördert werden soll. Im Kernlehrplan für das Fach Biologie an Gymnasien in NRW (Entwurfssfassung vom 12.03.2007) soll kumulatives, kontextbezogenes Lernen mit Hilfe von drei Basiskonzepten, System, Struktur und Funktion sowie Entwicklung erreicht werden. Mit Hilfe dieser Basiskonzepte „analysieren Schülerinnen und Schüler Kontexte, strukturieren und systematisieren Inhalte und erwerben so ein grundlegendes, vernetztes Wissen“ (KMK, 2005, 7). Sie bezeichnen elementare Prozesse, Theorien oder Gesetzmäßigkeiten und dienen als ein Rahmen, in den Fachinhalte sinnvoll eingeordnet und miteinander verbunden werden können. Auf diese Weise soll beim Schüler der Aufbau und die Entwicklung eines stärker vernetzten Fachwissens erleichtert werden.

Zur Verbesserung des Unterrichts wurden im Rahmen des SINUS Programms elf Module entwickelt, die Problembereiche des Unterrichts bearbeiten. Ein Modul befasst sich mit der Förderung kumulativen Lernens (Modul 5: „Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen“). Darin wird die Notwendigkeit einer kohärenten und kumulativen Sequenzierung des Lehrstoffes betont. Kohärenz wird, so die Autoren, durch vertikale Verknüpfungen von früheren, aktuellen und zukünftigen Unterrichtsinhalten erreicht. Basiskonzepte können dem Lehrer dabei als Mittel zur Strukturierung und Vernetzung biologischer Fachinhalte dienen (vgl. Ballmann et al., 2003). Sie erleichtern den Schülern das



Einordnen und Verknüpfen unterschiedlicher biologischer Sachverhalte und helfen, im Zeitalter des rasanten Wissensfortschritts, ein organisiertes, anschlussfähiges Fachwissen und Systemdenken zu erreichen (vgl. MNU, 2001, 2003).

Im Biologieunterricht sollte nach Kattmann (2003; in Anlehnung an Richter, 2002) kumulatives Lernen unter anderem die Bereiche Erfahren von Komplexität, d.h. das Erkennen lebensweltlicher Bezüge und das Erkennen und Knüpfen von Zusammenhängen, also die Wiederholung und Erweiterung des Gelernten unter Aufbau einer komplexen Wissensstruktur, beinhalten. Darüber hinaus sollte das Erleben von Kompetenz durch das Erfahren des eigenen Lernfortschritts und die Anwendung des Wissens sowie die Ausbildung einer positiven Lernmotivation angeregt werden.

### **3.1.4 Kumulatives Lernen als Konstruktion deklarativer Wissensstrukturen**

#### **3.1.4.1 Konzeptualisierung deklarativer Wissensstrukturen**

„To be knowledgeable in some area is to understand the interrelationship among the important concepts in that domain.“ (Goldsmith et al., 1991, 88).

Wissen wird als ein vielschichtiges, dynamisches Konstrukt betrachtet. Es setzt sich aus einzelnen Gedächtniselementen zusammen, die durch vielfältige Beziehungen miteinander verbunden sind und so ein komplexes Geflecht von Beziehungen, eine kognitive Wissensstruktur bilden (vgl. Seel, 2003). Wissen wird nach unterschiedlichen Dimensionen differenziert (vgl. Alexander et al., 1991; de Jong & Ferguson-Hessler, 1996). Eine pragmatische Kategorisierung umfasst unter anderem die Dimensionen Inhalt, Repräsentation, Wissenschaftlichkeit und Umfang (vgl. Krause & Stark, 2006). Sie werden im Folgenden mit Blick auf die vorliegende Studie, in der deklarative Wissensstrukturen von Schülern erfasst worden sind, näher erläutert.

#### *Inhalt*

Im Bemühen, Wissen genauer zu beschreiben, wird unter anderem zwischen deklarativem und prozeduralem Wissen unterschieden (vgl. Anderson, 1983). Deklaratives Wissen umfasst Wissen über Fakten, Objekte, Ereignisse, Konzepte oder Prinzipien sowie über deren Beziehungen und Zusammenhänge (Anderson & Krathwohl, 2001). Letzteres wird daher auch

als propositionales Wissen bezeichnet (vgl. Shavelson & Ruiz-Primo, 1999). Deklaratives Wissen wird weiterhin in semantisches und episodisches<sup>6</sup> Wissen unterteilt. Das Wissen darüber, wie deklaratives Wissen in einer Domäne miteinander vernetzt ist, wird als strukturelles Wissen (engl. *structural knowledge*) bezeichnet (Diekhoff, 1983; Jonassen et al., 1993). Ein Begriff, der synonym zum strukturellen Wissen genutzt wird, ist das konzeptuelle Wissen. Es umfasst Wissen über Begriffe und ihre Beziehung innerhalb und zu assoziierten Konzepten. Nach Meinung anderer Wissenschaftler jedoch umfasst deklaratives Wissen bereits die Dimensionen Inhalt und Struktur, so dass strukturelles Wissen demnach einen Teilaspekt deklarativen Wissens darstellt (Mitchell & Chi, 1984). Deklaratives Wissen bildet die Basis für höhere Wissensarten.

Als weitere Unterteilung nennen Dochy und Alexander (1995) domänenspezifisches (Wissen innerhalb eines Fachgebiets), domänenübergreifendes (fachgebietsübergreifendes Wissen) und themenspezifisches Wissen.

### *Repräsentation*

Theoretische Modelle zur Repräsentation von Wissen und methodisch-praktische Zugänge zur Abbildung von Wissensstrukturen werden oftmals miteinander verschränkt. Es existieren verschiedene kognitionspsychologische Modelle, die sich damit beschäftigen, wie deklaratives Wissen im Gedächtnis gespeichert ist (zusammenfassend z.B. Tergan, 1986; Seel, 2003; Schnotz, 2004; Steiner, 2006). Nach der propositionalen Theorie werden Begriffe im menschlichen Gedächtnis in Form von kleinsten, bedeutungshaltigen Informationseinheiten, sogenannten Propositionen gespeichert, die untereinander netzartig verknüpft sind. Wissensstrukturen werden in der kognitiven Psychologie daher meist als semantische Netzwerke dargestellt (vgl. Rumelhart & Norman, 1978; Wender, 1988; Anderson, 1996).

Nach der Schematheorie (vgl. Rumelhart & Ortony, 1977; Rumelhart, 1980) ist deklaratives Wissen aus miteinander verknüpften Schemata aufgebaut. Schemata bezeichnen kognitive Strukturen, die in semantischen Netzwerken organisiert und miteinander vernetzt sind (Aebli, 1980, 1981; Anderson, 2001; vgl. auch Quillian, 1968). Sie stellen damit Repräsentationen strukturellen Wissens dar. Es wird angenommen, dass beim Erwerb neuen Wissens Schemata durch Prozesse der Erweiterung, Verfeinerung bzw. Ausdifferenzierung und Restrukturierung

---

<sup>6</sup> Episodisches Wissen bezeichnet Wissen aufgrund individueller Erfahrungen und Erlebnisse.

verändert werden (Rumelhart & Norman, 1978), wobei bei der sogenannten Schema-instantiierung (Rumelhart & Ortony, 1977; vgl. Steiner, 1988) episodisches Wissen und allgemeines, semantisches Wissen miteinander vernetzt werden.

#### *Wissenschaftlichkeit und Umfang*

Das Wissen einer Person kann fachwissenschaftlich korrektes, Alltags- und Erfahrungswissen umfassen. Auch Fehlkonzepte können vorhanden sein.

Der Umfang bezeichnet die Größe der Wissensbasis. Eine umfangreiche und vielfältig vernetzte Wissensbasis ermöglicht schnelleres Lernen, da neue Informationen effektiver an bereits vorhandene Wissensbestände angeknüpft werden können (vgl. Klimesch, 1995). Neues Wissen wird durch die Aneignung von Begriffen und Konzepten, ihre Verknüpfung innerhalb sowie mit dem Vorwissen generiert.

In der vorliegenden Studie wurden deklarative Wissensstrukturen mit Hilfe von Begriffsnetzen dargestellt und unter anderem hinsichtlich ihrer Wissenschaftlichkeit und ihres Umfanges analysiert.

Aus kognitionspsychologischer Sicht bedeutet Lernen nicht nur ein Zuwachs an Faktenwissen, sondern auch Aufbau, Erweiterung, Differenzierung und dadurch fortlaufende Veränderung kognitiver Strukturen (vgl. Resnick, 1989; Mayer, 1998). Während das Wissen von Experten innerhalb einer Domäne vielfältig vernetzt ist, liegt es bei Novizen eher kompartmentalisiert vor (vgl. Mandl et al., 1993; Gruber & Mandl, 1996). Experten eines Fachgebiets zeichnen sich dadurch aus, dass sie innerhalb dieser Domäne sowohl über mehr Begriffs- und Konzept- als auch über mehr Zusammenhangswissen und einer komplexeren und effizienter organisierten Wissensstruktur verfügen als Novizen (Chi et al., 1988, Glaser & Bassok, 1989; Glaser, 1991). Expertenhafte Wissensstrukturen befähigen zu einer effizienteren Vernetzung fachlicher Informationen und erleichtern den weiteren Wissensaufbau. Sie befähigen zudem zur Nutzung erfolgversprechender Strategien (Sandmann et al., 2002; Lind & Sandmann, 2003).

Während Faktenwissen durch Multiple-Choice-Aufgaben ausreichend reliabel messbar ist, sind zur Erfassung von Wissensstrukturen andere Messinstrumente, z.B. Begriffsnetze geeigneter. Diese wurden in der vorliegenden Studie eingesetzt. Es wird zunächst der Aufbau und die Entwicklung von Begriffsnetzen skizziert. Abschließend wird das Begriffsnetz als Messinstrument näher erläutert.

### **3.1.4.2 Darstellung deklarativer Wissensstrukturen durch Begriffsnetze**

#### **3.1.4.2.1 Beschreibung und Entwicklung von Begriffsnetzen**

Ein Begriffsnetz (engl. *concept map*) stellt ein mehr oder weniger komplexes Netzwerk aus Begriffen dar, die durch beschriftete Pfeile (Relationen) miteinander verknüpft sind. Die Beschriftung der Pfeile spezifiziert die Art des Zusammenhangs, der zwischen den Begriffen besteht bzw. bestehen soll. Eine Kombination aus zwei Begriffen, die durch eine Relation miteinander verbunden sind, wird als Proposition bezeichnet. Sie stellt die kleinste Sinneinheit eines Begriffsnetzes dar.

Begriffsnetze können verwendet werden, um aufzuzeigen, wie zentrale Begriffe eines Wissensgebiets miteinander zusammenhängen (Novak & Gowin, 1984). Das Begriffsnetzverfahren wurde in den 70er Jahren von Novak und seinen Mitarbeitern entwickelt. Ursprünglich diente es dazu, Daten aus Interviews, die im Rahmen einer Längsschnittstudie zu Veränderungen im Verständnis von wissenschaftlichen Konzepten von Schülern angefertigt wurden, zu organisieren (Novak, 1972); bald jedoch wurden Begriffsnetze eingesetzt, um kognitive Wissensstrukturen und ihre zeitliche Veränderung darzustellen (vgl. Novak, 1990; Novak & Musonda, 1991).

Das Begriffsnetzverfahren basiert auf Ausubels Assimilationstheorie des kognitiven Lernens (Ausubel, 1963, 1968). In Anlehnung an Ausubels Vorstellung einer hierarchischen Gedächtnisstruktur in Folge *progressiver Differenzierung* und *integrierenden Verbindens* während des Lernens wurden Begriffsnetze ursprünglich hierarchisch organisiert. Diese Repräsentation wurde als „*cognitive map*“ oder „*concept map*“ bezeichnet. Netzartige, nicht notwendigerweise hierarchisch angeordnete Begriffsnetze basieren auf assoziationalistischen Theorien (z.B. Deese, 1965) und stellen eine weitere Form des Concept maps dar.

In der allgemeinen Entwicklung von Begriffsnetzverfahren können drei Ansätze unterschieden werden (vgl. Mandl & Fischer, 2000): der kognitive, der pädagogisch-psychologische und der psychometrisch-strukturelle.

Der kognitive Ansatz befasste sich schon früh mit Modellen der Wissensrepräsentation. Er geht davon aus, dass Wissen als propositionales Netzwerk repräsentiert ist (Collins & Loftus, 1975). Wissens Elemente und Zusammenhänge zwischen einzelnen Elementen sollen demzufolge in Form vernetzter Begriffe abbildbar sein, was die Verwendung von Begriffsnetzen nahelegt.

Beim pädagogisch-psychologischen Ansatz steht die Unterstützung von Verstehensprozessen durch die graphische Darstellung komplexer Sachverhalte im Vordergrund (Mind Mapping, z.B. Buzan & Buzan, 1996; Networking, z.B. Dansereau & Holley, 1982; Friedrich et al., 1987). Begriffsnetze können auch als Strukturierungshilfe bei der Planung der Unterrichtsinhalte und als Lehr-Lernmittel zur Förderung des Erwerbs strukturellen Wissens eingesetzt werden.

Seit den 90er Jahren werden Begriffsnetze zunehmend als Instrument zur Leistungsmessung eingesetzt (vgl. Tamir, 1998). Im Rahmen des psychometrisch-strukturellen Ansatzes wird untersucht, inwieweit Strukturparameter von Begriffsnetzen geeignet sind, Wissensstrukturen zu erfassen und darzustellen. Der Ansatz orientiert sich an der mathematischen Grafentheorie (z.B. Bonato, 1990).

Aktuelle Forschungs- und Anwendungsfelder befassen sich vornehmlich mit Begriffsnetzen als Lehr- und Lernstrategie, zur Unterstützung von Kooperationsprozessen beim gemeinsamen Lernen und zur Wissensdiagnose und -modellierung.

#### **3.1.4.2.2 Begriffsnetze als Instrument zur Erfassung und Darstellung deklarativer Wissensstrukturen**

Die Frage, wie Wissensstrukturen erfasst werden können, ist noch nicht abschließend geklärt. Häufig werden Fragen in offenem Antwortformat oder Kurzaufsätze eingesetzt mit dem Problem einer oftmals eingeschränkten Objektivität und einer komplizierten und langwierigen Auswertung. Zudem wird kritisiert, dass dabei lediglich Wissen über einen Ausschnitt eines bestimmten Themengebietes statt ein Gesamtverständnis überprüft wird. Einige Techniken versuchen das Wissen über Zusammenhänge zwischen Begriffen indirekt, beispielsweise durch Wortassoziationen zu vorgelegten Begriffen (z.B. Shavelson, 1972, 1974), Ähnlichkeitsbewertungen von Begriffspaaren (z.B. Goldsmith et al., 1991) oder die Kategorisierung von Begriffen nach ihrer Ähnlichkeit (vgl. Shavelson & Stanton, 1975) zu erheben.

In den letzten Jahren wurden verstärkt Begriffsnetze als vielversprechendes und vergleichsweise praktikables Instrument zur Erfassung deklarativer Wissensstrukturen in einem Inhaltsgebiet eingesetzt (z.B. Jonassen et al., 1993; Ruiz-Primo & Shavelson, 1996; Friegle & Lind, 2000). Sie sind für Schüler einfach zu erstellen und auch für den Einsatz in größeren Stichproben geeignet (Willerman & Mac Harg, 1991; White & Gunstone, 1992).

Unter dem Begriff Concept Mapping werden eine Reihe unterschiedlicher Formen und Verfahren zur Erfassung von Wissensstrukturen verstanden (zusammenfassend z.B. Ruiz-Primo & Shavelson, 1996), was zum einen eine einheitliche Verständigung und zum anderen die Vergleichbarkeit, Übertragungsmöglichkeit und Interpretation der einzelnen Studien erschwert. Zudem stellt sich die Frage der Reliabilität und Validität von Begriffsnetzen.

Ruiz-Primo und Shavelson (1996) schlagen ein Klassifikationssystem zur Einordnung der einzelnen Begriffsnetzverfahren vor. Sollen Begriffsnetze als Messinstrument eingesetzt werden, müssen, neben der Orientierung an einer einheitlichen Theorie, eine Aufgabe und ein Antwortformat spezifiziert und ein System zur objektiven und konsistenten Bewertung der Begriffsnetze vorhanden sein (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996; Shavelson & Ruiz-Primo, 1999). Im Folgenden wird auf diese Kriterien und seine Varianten eingegangen.

#### *Aufgabe*

Durch die Aufgabe soll die Wissensstruktur des Probanden evident gemacht werden. Dabei kann die Aufgabe beispielsweise darin bestehen, die Lücken eines vorgefertigten Begriffsnetzes zu füllen, ein eigenes Begriffsnetz zu erstellen, Wortassoziationen zu Begriffen zu äußern oder Begriffe aufgrund ihrer Ähnlichkeit zu ordnen (Variante: Aufgabenstellung). Des Weiteren können bezüglich der Aufgabe unterschiedliche Vorgaben bzw. Einschränkungen gemacht werden (Variante: Rahmenbedingungen). So werden Probanden beispielsweise aufgefordert, ein hierarchisches Netz zu erstellen, Begriffe oder Relationen werden vorgegeben oder eigenständig generiert. Allgemein gilt, dass bei der Wahl der Aufgabe sowohl kognitive Theorien als auch die Struktur des Fachinhalts erwogen werden müssen (Variante: Inhaltsstruktur).

#### *Antwortformat*

Das Antwortformat gibt an, in welcher Form der Proband antworten soll. Dies kann z.B. durch das Zeichnen eines Begriffsnetzes erfolgen. Es kann ein Computer benutzt oder Antworten mündlich gegeben werden (Variante: Antwortmodus). Es müssen genaue Angaben zum Antwortformat gemacht werden (Variante: Charakteristika des Antwortformats). Bei den Mappern kann es sich beispielsweise um einen Schüler oder einen Lehrer handeln. Es ist auch möglich, dass der Wissenschaftler anhand eines Interviews oder Aufsatzes des Probanden das Begriffsnetz anfertigt (Variante: Mapper).

### *Bewertungssystem*

Durch ein Bewertungssystem sollen Begriffsnetze objektiv und konsistent bewertet werden können. Es existieren vielfältige Methoden der Auswertung. Zu Beginn wurde von Novak und Gowin (1984) ein System für die Beurteilung hierarchischer Begriffsnetze entwickelt, mit dem unter anderem die Anzahl der Propositionen, der Quervernetzungen und der Hierarchieebenen ausgewertet wurden (Variante: Auswertung der Bestandteile). Seitdem haben sich zahlreiche Studien mit Modifikationen und weiteren Möglichkeiten der Auswertung beschäftigt. Die wichtigsten Verfahren umfassen grafentheoretische Maße, die inhaltliche Bewertung von Relationen, der Vergleich mit einem Referenznetz (z.B. Acton et al., 1994; Stracke, 2003) (Variante: Einsatz eines Expertennetzes) oder eine Kombination dieser Verfahren (Variante: Kombination aus Auswertung der Bestandteile und Vergleich mit einem Expertennetz). Auf die unterschiedlichen Möglichkeiten der Auswertung von Begriffsnetzen wird im Folgenden näher eingegangen.

Generell können bei der Auswertung von Begriffsnetzen grafentheoretische Maße, eine inhaltliche Bewertung oder eine Kombination beider Verfahren eingesetzt werden. Grafentheoretische Maße umfassen sowohl quantitative Aspekte, wie die Anzahl der verwendeten Begriffe, die Anzahl erstellter Relationen und die Anzahl der Komponenten (Teilnetze) als auch Aspekte, die Aussagen über die Struktur des Begriffsnetzes machen, wie die Dichte, die Anzahl zentraler Begriffe und die Anzahl einzeln verknüpfter Begriffe (z.B. Bonato, 1990; Wallace & Mintzes, 1990; Markham et al., 1994; Ruiz-Primo, 2000; Friege & Lind, 2000, 2004). Bei einer inhaltlichen Bewertung von Begriffsnetzen können die vom Schüler generierten Relationen nach ihrer Qualität, z.B. der fachwissenschaftlichen Korrektheit und ihrem Fachgehalt eingeschätzt werden (z.B. Osmundson et al., 1999; Kinchin & Hay, 2000, Ruiz-Primo, 2000; Stoddart et al., 2000; Kinchin, 2001; Friege & Lind, 2004; Yin et al., 2005). Mehrere Studien berichten über das Potential dieser Art der Auswertung (McClure et al., 1999; Ruiz-Primo et al., 2001). Zudem sind zusammengesetzte scores möglich, wie der Quotient aus der Anzahl richtiger und der Anzahl aller Relationen im Begriffsnetz (z.B. Ruiz-Primo, 2000), der Quotient aus der Anzahl richtiger Relationen und der Anzahl verwendeter Begriffe (vgl. Schmitz, 2006) oder die Gesamtpropositionsgenauigkeit (z.B. Hoz et al., 1990; Stoddart et al., 2000; Ruiz-Primo et al., 2001; Yin et al., 2005).

Eng verbunden mit der Frage, ob durch Begriffsnetze Wissensstrukturen erfasst werden können, sind Studien zur Güte des Begriffsnetzverfahrens. Es werden, wie bei allen

Messinstrumenten, drei Gütekriterien unterschieden: Objektivität, Reliabilität und Validität, die sich wiederum in mehrere Varianten aufspalten.

#### *Objektivität*

Die Objektivität eines Messinstruments gibt an, in welchem Ausmaß die Testergebnisse vom Testanwender unabhängig sind (vgl. Bortz & Döring, 2002, 194). Es kann zwischen einer Durchführungs- und einer Auswertungsobjektivität unterschieden werden. Sie sind durch eine einheitliche, standardisierte Vorgehensweise bzw. festgelegten Kriterien vergleichsweise einfach zu erreichen.

#### *Reliabilität*

Die Reliabilität eines Messinstruments gibt den Grad seiner Messgenauigkeit an (vgl. Bortz & Döring, 2002, 195). Im Hinblick auf das Begriffsnetzverfahren ist die Konsistenz der Bewertung gemeint (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). Studien zur Reliabilität der Bewertungen sind vornehmlich zur Beurteilerübereinstimmung durchgeführt worden. Mehrheitlich werden hohe Koeffizienten berichtet. Allerdings beziehen sich diese meist auf oberflächliche und leicht auszuwertende Aspekte von Begriffsnetzen, wie das Auszählen von Begriffen, statt auf inhaltliche Bewertungen von Relationen. Problematisch bei diesen Studien ist, dass sie häufig nicht angeben, mit welchem Verfahren die Beurteilerübereinstimmung berechnet worden ist und um wieviele Beurteiler es sich handelte. Als weitere Variante ist es möglich, die Übereinstimmung innerhalb eines Beurteilers nach einer wiederholten Bewertung der Begriffsnetze zu ermitteln.

#### *Validität*

Die Validität eines Messinstruments gibt an, wie gut es in der Lage ist, genau das zu messen, was es zu messen vorgibt (vgl. Bortz & Döring, 2002, 199). Hinsichtlich von Begriffsnetzverfahren sagt die Validität etwas darüber aus, inwieweit Schlussfolgerungen hinsichtlich kognitiver Strukturen gezogen und empirisch gestützt werden können (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). Es werden vier Arten von Validität beschrieben:

##### *Inhaltsvalidität*

Kognitive Theorien und Erkenntnisse aus der Expertiseforschung legen nahe, dass das Strukturwissen einen bedeutenden Bestandteil von Wissen darstellt und eine Kompetenz im Fachgebiet ausmacht. Somit ist davon auszugehen, dass Inhaltsvalidität vorliegt, wenn Experten die gewählten Begriffe als repräsentativ und die erstellten Begriffsnetze als akkurat beurteilen.



### *Konkurrente Validität*

Konkurrente Validität ist gegeben, wenn das Begriffsnetzverfahren mit anderen Instrumenten zur Leistungsmessung in einem konsistenten Zusammenhang steht. Während einige Studien von geringen Zusammenhängen zwischen Begriffsnetzen und anderen Instrumenten der Leistungsmessung berichten (z.B. Novak et al., 1983), geben neuere Untersuchungen Korrelationen von  $r = 0,50$  und höher an (z.B. Korrelation zwischen Begriffsnetz und Kurzantworten-Test von  $r = 0,69$ ; Anderson & Huang, 1989; zitiert nach Rice et al., 1998). Friege und Lind (2000) finden signifikante Korrelationen zwischen grafentheoretischen Maßen und dem Umfang des Faktenwissens (geprüft vornehmlich durch Kurzantworten-Aufgaben), wobei die Anzahl Relationen ( $r = 0,62$ ), die Dichte (Komplexität;  $r = 0,56$ ) und die Anzahl zentraler Begriffe ( $r = 0,53$ ) am stärksten mit dem Faktenwissen im Fach Physik zusammenhängen.

Rice et al. (1998) führen als eine Ursache der diskrepanten Ergebnisse die Vielzahl unterschiedlicher Bewertungsmethoden der einzelnen Messverfahren an, durch die unterschiedliche Aspekte von Wissen erfasst werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Art der Bewertungskriterien eine entscheidende Rolle für die Stärke der Korrelationen zwischen Begriffsnetzen und anderen Messinstrumenten spielen (vgl. Rice et al., 1998). Nach Anderson und Huang (1989; zitiert nach Rice et al., 1998) kommt eine inhaltliche Bewertung, z.B. die Korrektheit der Relationen, Aufgaben im Leistungstest näher als eine Bewertung von Hierarchien oder Quervernetzungen.

### *Instruktionale Sensitivität*

Instruktionale Sensitivität zeigt sich darin, dass sich Wissensstrukturen, abgebildet durch Begriffsnetze nach der Intervention im Sinne der Instruktion verändert haben. Die Ergebnisse hinsichtlich dieser Thematik sind konsistent. In diversen Untersuchungen zeigten Begriffsnetze nach der Intervention Veränderungen in den Wissensstrukturen auf. So sind Verbesserungen in Quantität und Qualität hinsichtlich grafentheoretischer Maße sowie der Struktur und Organisation festzustellen (z.B. Wallace & Mintzes, 1990; Novak & Musonda, 1991; Markham et al., 1994; Osmundson et al., 1999).

### *Validität bezüglich Gruppenunterschieden*

Begriffsnetze sollten zwischen Personen mit unterschiedlichem Wissensstatus differenzieren können. Dabei sollten leistungsstarke Personen sowohl quantitativ als auch qualitativ höherwertige Begriffsnetze aufweisen als leistungsschwache. Studien zeigen, dass

Begriffsnetze diese Unterschiede feststellen können (z.B. Markham et al., 1994; Wilson, 1994). Diese Ergebnisse zeigen sich auch im Rahmen der Expertiseforschung. So lassen sich Unterschiede in den Begriffsnetztypen zwischen Experten, Novizen und Anfängern feststellen, wobei Experten häufiger Netze mit Netzstruktur erstellten als Novizen oder Anfänger (Friege & Lind, 2000). Anfänger und Experten unterschieden sich darüber hinaus signifikant in allen erhobenen grafentheoretischen Maßen (Anzahl der Begriffe, Anzahl der Relationen, Anzahl der Komponenten, Komplexität, Anzahl zentraler Begriffe und Anzahl einzeln verknüpfter Begriffe) gemäß ihres Expertisestatus. Diese Unterschiede sind auch zwischen Anfängern und Novizen vorhanden; sie sind jedoch meist nicht signifikant. Die Autoren regen an, Begriffsnetze zusätzlich inhaltlich auszuwerten und für eine tiefergehende Analyse die erstellten Relationen zu bewerten (vgl. auch Stuart, 1985; Liu & Hinchey, 1996; Ruiz-Primo & Shavelson, 1996), da Versuchspersonen mit einer hohen Expertise mehr höherwertige Relationen erstellten als Versuchspersonen von geringem Expertisestatus; die einzelnen Begriffe waren für eine Differenzierung des Expertisestatus jedoch nicht bedeutsam.

Während Herl et al. (1996), Ruiz-Primo und Shavelson (1996), Snow (1993) und Shavelson (1974) empfehlen, mehrere Messinstrumente einzusetzen, um unterschiedliche Aspekte des Fachwissens zu untersuchen, sind Rice et al. (1998) der Meinung, dass Begriffsnetze, wenn sie mit einem entsprechenden Bewertungssystem ausgewertet werden, sowohl deklaratives (wie es gewöhnlich mittels Multiple-Choice-Tests gemessen wird) als auch komplexeres Wissen (*more complex learning outcomes*) erfassen können. Aufgrund der noch ungeklärten Befundlage ist eine abschließende Entscheidung diesbezüglich noch nicht möglich.

In dieser Studie wurden zwei Aspekte deklarativen Wissens untersucht. Zum einen das Faktenwissen, zum anderen die Wissensstruktur, also das Wissen darüber, wie fachliche Inhaltselemente miteinander zusammenhängen. Hierzu wurden zwei unterschiedliche Messinstrumente eingesetzt (Abschnitte 4.3.3 und 4.3.4).

## **3.2 Relevanz von Vorwissen und Lernmotivation für kumulatives Lernen und ihre Förderung durch Vernetzung**

### **3.2.1 Vorwissen**

Schüler nehmen nicht als eine „Tabula rasa“ am Unterricht teil, wie es einst behavioristische Vorstellungen nahelegten. Vielmehr besitzen sie bereits vielfältige kognitive Strukturen (Vorwissen), die einen entscheidenden Einfluss auf die Verarbeitung und Integration neuer Wissens Elemente ausüben. Nach konstruktivistischer Auffassung ist Lernen ein aktiver Prozess, bei dem neues Wissen in vorhandene Wissensbestände integriert und mit diesen verknüpft werden (z.B. Gerstenmaier & Mandl, 1995). Lernen bedeutet die Veränderung, Erweiterung und Korrektur vorhandener Wissensstrukturen. Vorwissen muss demnach aktiviert und zu einem Ausgangspunkt der weiteren Wissensentwicklung gemacht werden. Eine Aufgabe von Unterricht liegt darin, diese Prozesse zu unterstützen und so den Wissensaufbau zu fördern.

Eine Vielzahl an Studien zeigt, dass die Verfügbarkeit von relevantem Vorwissen für weiteres Lernen von entscheidender Bedeutung ist (z.B. Garner & Gillingham, 1991; Alexander et al., 1994; Kroß & Lind, 2000; Lind et al., 2005). Fraser et al. (1987) identifizierten in einer Metaanalyse das Vorwissen als bedeutendste Determinante für den Lernerfolg. Es stellt somit eine wichtige Bedingung und einen verlässlichen Prädiktor für weiteres Lernen dar. Dabei ist nicht nur die Menge, sondern auch die Qualität des Vorwissens bedeutsam (vgl. Weinert, 2001, 24). Beim Textlernen ermöglicht es beispielsweise, den Inhalt tiefergehend zu verstehen, da durch Verknüpfung neuer Wissens Elemente mit dem Vorwissen ein angemessenes Situationsmodell aufgebaut werden kann (Kintsch, 1994).

Die Aktivierung von Vorwissen und die Integration in den aktuellen Lernprozess stellt eine wichtige Bedingung erfolgreichen Lernens dar. Nach den Befunden der Vergleichsstudien TIMSS und PISA ist verfügbares Vorwissen, an das angeknüpft werden kann bei den Schülern jedoch nur unzureichend vorhanden. Vermutlich findet im Biologieunterricht auch nur eine geringe Einbindung des Vorwissens statt. Für kumulative Lernprozesse ist es aber essenziell, dass das Vorwissen der Schüler zu einem Ausgangspunkt weiterer, zu erarbeitender Fachinhalte gemacht wird. Daher ist es von besonderem Interesse das im Biologieunterricht abgerufene Vorwissen näher zu untersuchen und zu prüfen, woher das Vorwissen stammt und inwieweit inhaltliche Bezüge zwischen bereits gelernten und aktuellen

Unterrichtsinhalten hergestellt werden. Diese Aspekte werden anhand des entwickelten Kategoriensystems näher untersucht.

### **3.2.2 Lernmotivation**

Es ist davon auszugehen, dass Lernprozesse neben kognitiven Determinanten von motivationalen Faktoren beeinflusst werden. Diesbezüglich werden für die vorliegende Studie relevante Theorien und ihr Zusammenhang zur Lernleistung dargestellt. Es wird aufgezeigt, wie Lernmotivation im Unterricht gefördert werden kann. In diesem Zusammenhang sind Aspekte, die als Formen von Vernetzung betrachtet werden können, von Bedeutung.

In der pädagogischen Psychologie wird zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation differenziert (Deci & Ryan, 1985, vgl. U. Schiefele & Köller, 2001). Intrinsisch motivierte Lernende führen eine Handlung aus, weil die Handlung als solche als interessant, anregend oder herausfordernd empfunden wird (z.B. Rheinberg, 2000). Extrinsisch motivierte Verhaltensweisen werden meist von außen angestoßen und vom Lernenden ausgeführt, um positive Folgen zu erwirken oder negative zu vermeiden. Dabei stehen die Konsequenzen in keiner unmittelbaren Beziehung zur eigentlichen Handlung.

Zwischen der Lernmotivation und der Schulleistung sind relativ kleine, aber positive Zusammenhänge feststellbar. In einer Metaanalyse von U. Schiefele und Schreyer (1994) betrug der Zusammenhang zwischen intrinsischer Lernmotivation und Schulleistung durchschnittlich  $r = 0,23$ . Sie zeigte zudem Zusammenhänge zwischen der Art der Lernmotivation und dem selbstberichteten Einsatz von Lernstrategien, wobei bei einer hohen intrinsischen Lernmotivation vermehrt tiefenverarbeitende, bei einer ausgeprägten extrinsischen Lernmotivation eher oberflächen-orientierte Lernstrategien angewendet wurden.

Das Konstrukt Interesse wird vom Motivationskonzept durch seinen Inhalts- und Gegenstandsbezug abgegrenzt. In der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung ist die Person-Gegenstands-Theorie des Interesses vorherrschend, d.h. die Beziehung einer Person zu und ihre Interaktion mit einem Gegenstand<sup>7</sup> (Prenzel et al., 1986; Prenzel, 1988; Fink, 1991; Krapp & Prenzel, 1992; Renninger et al., 1992; Krapp, 1998). Innerhalb der Person-Gegenstands-Konzeption wird zwischen dem situationalen und dem individuellen

---

<sup>7</sup> Im schulischen Kontext handelt es sich bei dem Gegenstand meist um Inhalte des Schulfaches; es kann sich aber auch um konkrete Objekte oder bestimmte Klassen von Tätigkeiten handeln (vgl. Krapp, 1998).

(dispositionalen) Interesse differenziert. Diese bilden zusammen mit der Konzeption der Interessantheit die relationale Struktur der Interessentheorie (Krapp, 1992). Darüber hinaus umfasst das Spektrum von Interessen das Desinteresse und die Abneigung (Upmeyer zu Belzen & Vogt, 2001, 19-23). Während Desinteresse von einer Interesselosigkeit bzw. Gleichgültigkeit gegenüber einem Gegenstand gekennzeichnet ist, wird bei einer Abneigung die Beschäftigung mit dem betreffenden Gegenstand aktiv vermieden. Mit dem Gegenstand sind negative Gefühle verbunden.

Kennzeichen von Interesse ist, neben der Bildung einer mentalen Repräsentation des Gegenstandes, dass dem Lerngegenstand eine subjektive Bedeutsamkeit und Relevanz beigemessen (wertbezogene Valenz) und mit ihm positive Gefühle verknüpft werden (gefühlsbezogene Valenz). Das Vorhandensein beider Valenzen ist für eine aktive Auseinandersetzung des Lernenden mit dem Gegenstand notwendig. Die Erkenntnis, dass für die Ausbildung von Interesse der Schüler den Lerninhalt als persönlich relevant, bedeutsam und sinnvoll erachten muss, wurde beispielsweise in Instruktionsansätzen, wie der *Anchored Instruction* (CTGV, 1992) oder dem *Cognitive Apprenticeship* umgesetzt (Collins et al., 1989). Sie stellen einen Versuch dar, dem Problem des trägen Wissens zu begegnen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich Interesse und Lernleistung wechselseitig positiv beeinflussen (z.B. Krapp, 1998). Empirische Studien zeigen Zusammenhänge zwischen Interesse und Lernerfolg auf (Prenzel, 1988; U. Schiefele, 1991, 1996a; Krapp et al., 1992). In einer Metaanalyse zeigte sich zwischen thematischem Interesse und Leistung ein mittlerer positiver Zusammenhang von  $r = 0,30$  (U. Schiefele et al., 1993; siehe auch U. Schiefele et al., 1992). Untersuchungen zur Bedeutung von Interesse für den Lernerfolg wurden vermehrt im Rahmen des Textlernens durchgeführt. Beim Vergleich hoch und niedrig interessierter Studierender in ihrem Textverstehen übte das thematische Interesse einen signifikanten Effekt auf das Verständnis aus, auch nach Kontrolle von Vorwissen, Intelligenz oder Textlesefähigkeit (U. Schiefele, 1991; U. Schiefele & Krapp, 1996). Dies zeigte sich insbesondere in Bezug auf qualitativ-strukturelle Aspekte des Wissens. So verknüpften hoch interessierte Personen Begriffe umfangreicher und fachlich anspruchsvoller als wenig interessierte Personen (U. Schiefele, 1988, 1990). Zudem elaborierten die Personen mit einem großen thematischen Interesse einen Lehrtext verstärkt (Anwendung von Tiefenverarbeitungsstrategien), während niedrig interessierte Personen lediglich Oberflächenmerkmale darlegten (U. Schiefele, 1991). Interessierte Leser vermochten also eher Bezüge zwischen verschiedenen Textinhalten herzustellen oder Zusammenhänge zu anderen Themengebieten

(Wissensbeständen) zu erkennen als weniger interessierte Leser (U. Schiefele, 1988; 1996). Lernende erschließen sich demnach Sach- und Sinnzusammenhänge in Abhängigkeit von ihrem Interesse (H. Schiefele, 1981, 1986; Prenzel, 1988). Weitere Hinweise auf die wechselseitige Abhängigkeit zwischen Interesse und Leistung stammen aus der Expertiseforschung. So zeichnen sich Experten nicht nur durch eine hohe Qualität ihres Wissens aus, sondern auch durch ihr ausgeprägtes Interesse am betreffenden Inhaltsbereich.

Durch Interesse wird nicht nur eine Fokussierung auf den Lerninhalt erreicht, sondern auch kognitive Denkprozesse angeregt und die Behaltensleistung und erneute Aktivierung von Wissen gefördert. Laut Krapp (1992a) führt die Auseinandersetzung mit dem Interessengegenstand zu einer zunehmend ausdifferenzierten Wissensstruktur und zu einem Wissen über Handlungsmöglichkeiten bezüglich des Gegenstands.

Interessen stellen zum einen gute Prädiktoren von Leistung dar (Krapp, 1992b; U. Schiefele et al., 1993; Pekrun & H. Schiefele, 1996). Zum anderen sind sie selbst ein wichtiges Ziel schulischer Bildung (H. Schiefele, 1981; Wittenmöller-Förster, 1993), insbesondere im Hinblick auf lebenslanges Lernen. Im schulischen Kontext wird zwischen einem Sachinteresse, d.h. dem Interesse an dem betreffenden Gegenstand und einem Fachinteresse, d.h. dem Interesse am Fachunterricht unterschieden (vgl. Häußler et al., 1998, 123). Ein Sachinteresse des Schülers bedeutet nicht zwangsläufig das Vorhandensein eines Fachinteresses. Fachinteresse kann jedoch durch die Art der Einbettung der fachlichen Inhalte gefördert werden. So konnte in einer Studie von Hoffmann und Lehrke (1986; siehe auch Hoffmann, Häußler & Peters-Haft, 1997) das Interesse am physikalischen Gegenstand im Unterricht dadurch erhöht werden, dass Schüler Bezüge zwischen dem Lerninhalt und der eigenen Erfahrungswelt herstellen konnten. Dieses zeigte sich auch bei Schülern im Physikunterricht der Gymnasialklasse 7 im Rahmen eines BLK-Modellversuchs. Im Unterricht wurden ein Jahr lang Lernmaterialien eingesetzt, durch die ein Bezug zum Alltag und der Lebenswelt sowie zum eigenen Körper hergestellt und die Bedeutung der Naturwissenschaften für Mensch und Gesellschaft sowie ihr praktischer Nutzen verdeutlicht wurden. Bei den Schülern ließ sich eine positive affektiv-motivationale Entwicklung und eine erhöhte Behaltensleistung im Wissenstest im Vergleich zu einer Kontrollgruppe feststellen. Offenbar wurden die Fachinhalte in dieser Gruppe effizienter verknüpft und dadurch besser erinnert (vgl. Häußler et al., 1998, 141). Auch andere Studien zeigten, dass Schüler, die verstärkt Verbindungen zwischen dem neuen Lerninhalt und Alltagsproblemen ziehen

konnten, ein größeres Interesse am Lerninhalt entwickelten als Schüler, die dies nicht taten (Resnick, 1987; Lave, 1988; Yager & Tamir, 1993; Köller, 1997).

Durch eine angemessene Gestaltung des Unterrichts ist es möglich, das Motivierungspotential der Fachinhalte zu erhöhen. Zu nennen sind hier z.B. der Einsatz authentischer Aufgaben oder die inhaltliche Relevanz der Fachinhalte, die durch Anwendungsbezüge, Realitätsnähe und Verknüpfungen über die Fächergrenzen hinweg deutlich gemacht werden kann (Prenzel & Drechsel, 1996; Prenzel, 2001). Die Lehrer können darüber hinaus die Lernmotivation fördern, indem sie Elaborationen anregen oder die Fachinhalte um eine Idee herum organisieren (Shuell, 1996, 732). Diese Aspekte (Bezüge zu der allgemeinen Lebenswelt, der Schülerlebenswelt oder einem anderen Fach) werden als Möglichkeiten von Vernetzung im Biologieunterricht betrachtet und sind ebenfalls Bestandteil des entwickelten Kategoriensystems.

### **3.3 Zielsetzung, Forschungsfragen und Hypothesen**

Vernetzung wird als ein Kernkriterium für effektiven Unterricht erachtet. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird unter Vernetzung das zueinander in Beziehung setzen einzelner fachlicher Inhaltselemente und das Herstellen inhaltlicher Zusammenhänge und Bezüge während des Unterrichts verstanden. Ein vernetzter Unterricht soll bei den Schülern zu kumulativen Lernprozessen führen und so stärker vernetzte Wissensstrukturen erzielt werden. Es ist bislang jedoch weitgehend ungeklärt, inwieweit im deutschen Biologieunterricht vernetzt wird und welche Bedeutung das Vernetzungsniveau im Unterricht für den Wissenszuwachs und die Wissensstruktur der Schüler hat. Auch Zusammenhänge zwischen dem Vernetzungsniveau und der Lernmotivation sind für den Biologieunterricht bisher kaum untersucht.

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher:

1. Biologieunterricht hinsichtlich seiner inhaltlichen Vernetzung zu analysieren und zu beschreiben,
2. die Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Lernleistung zu untersuchen und
3. Zusammenhänge zwischen dem Vernetzungsniveau und der Lernmotivation zu ermitteln.

Es werden folgende Forschungsfragen und Hypothesen formuliert.

Forschungsfrage 1: Inwieweit findet eine inhaltliche Vernetzung von Fachinhalten im Biologieunterricht der Gymnasialklasse 9 statt?

Hypothese 1: Im Biologieunterricht der Gymnasialklasse 9 werden fachliche Inhaltselemente kaum miteinander vernetzt.

Forschungsfrage 2: Welche Bedeutung hat das Vernetzungsniveau im Biologieunterricht für die Lernleistung der Schüler?

Hypothese 2.1: Schüler mit einem hohen Vernetzungsniveau im Biologieunterricht zeigen einen höheren Zuwachs im Faktenwissen als Schüler mit einem niedrigen Vernetzungsniveau.

Hypothese 2.2a: Schüler mit einem hohen Vernetzungsniveau im Biologieunterricht zeigen eine stärker vernetzte Wissensstruktur als Schüler mit einem niedrigen Vernetzungsniveau.

Hypothese 2.2b: Schüler mit einem hohen Vernetzungsniveau im Biologieunterricht zeigen eine höherwertige Wissensstruktur als Schüler mit einem niedrigen Vernetzungsniveau.

Forschungsfrage 3: Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Vernetzungsniveau im Biologieunterricht und der Lernmotivation der Schüler?

Hypothese 3: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Vernetzungsniveau im Biologieunterricht und der Lernmotivation der Schüler.



## **4 Material und Methode**

### **4.1 Stichprobe**

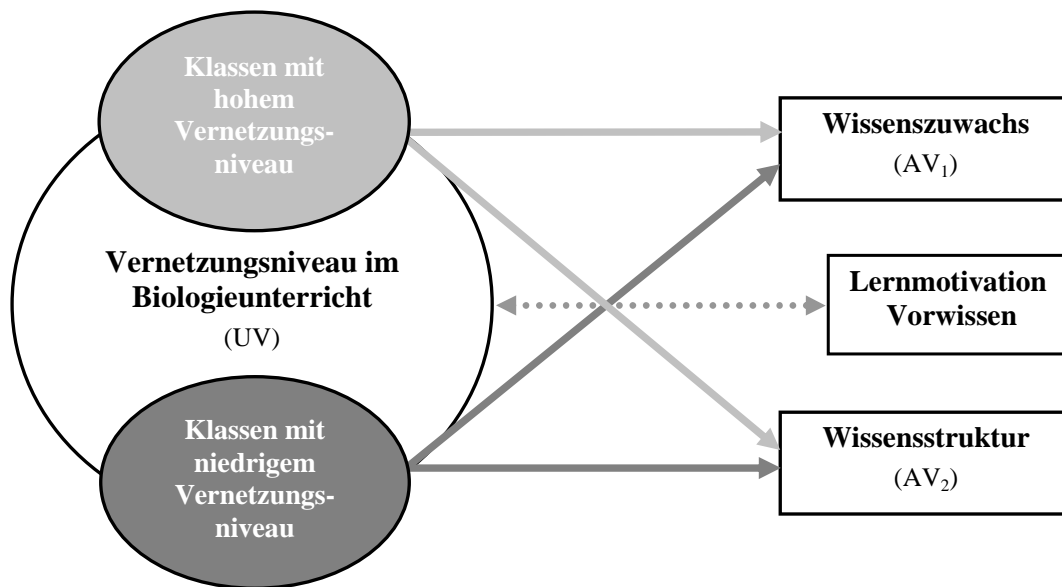
Insgesamt nahmen an der Studie 49 Klassen der Jahrgangsstufe 9 aus 42 Gymnasien teil. Die Stichprobe umfasste insgesamt 1271 Schüler (50 % männlich) mit einem mittleren Alter von 15 Jahren (Min = 13, Max = 17, SD = 0,62; N = 1126). Die Biologielehrer der videografierten Klassen waren durchschnittlich 45,5 Jahre alt (Min = 28, Max = 60, SD = 10; N = 47) und hatten eine mittlere Berufserfahrung von 18 Jahren (Min = 1, Max = 31, SD = 11; N = 47). 27 von ihnen waren weiblich und 22 männlich.

Die untersuchten Schulen befanden sich im gesamten Bundesland Nordrhein-Westfalen mit einem überwiegend städtischen Einzugsgebiet. Sie wurden zufällig gezogen, die Teilnahme an der Studie war jedoch freiwillig. Sämtliche Daten wurden anonymisiert erhoben. Für die Teilnahme an der Studie wurde die Einverständniserklärung der Schulleitung und der Eltern eingeholt.

### **4.2 Untersuchungsdesign**

In einer deskriptiven Studie wurde der Biologieunterricht der Klassen videografiert und hinsichtlich seiner Vernetzung mit Hilfe eines Kategoriensystems analysiert und beschrieben (Abschnitte 4.3.2.2 und 4.3.2.3). In einem quasi-experimentellen Design (Abb. 1) wurden Klassen mit einem hohen und einem niedrigen Vernetzungsniveau identifiziert und bezüglich ihrer Lernleistung verglichen. Dabei wurde sowohl der Zuwachs im Faktenwissen als auch die Wissensstruktur der Schüler untersucht.

Des Weiteren wurden Zusammenhänge zwischen dem Vernetzungsniveau des Biologieunterrichts und der Lernmotivation ermittelt.



**Abb. 1: Quasi-experimentelles Untersuchungsdesign mit dem Vernetzungsniveau im Unterricht als unabhängige Variable (UV), Wissenszuwachs und Wissensstruktur als abhängige Variablen (AV<sub>1</sub> und AV<sub>2</sub>) und Lernmotivation sowie Vorwissen als Kriteriumsvariablen.**

Als unabhängige Variable der quasi-experimentellen Untersuchung wurde das Niveau der Vernetzung erfasst. Hierzu wurde der Unterricht videografiert und fachliche Lehrer- und Schüleräußerungen mit Hilfe eines Kategoriensystems analysiert. Im Anschluss wurden Klassen identifiziert, die im Unterricht ein besonders hohes und solche, die ein besonders niedriges Vernetzungsniveau erreichten. Diese Gruppen wurden auf Unterschiede in ihrer Lernleistung untersucht.

Als abhängige Variablen wurden der Zuwachs im Faktenwissen und die Wissensstrukturen der Schüler untersucht.

Der Wissenszuwachs wurde mit einem Leistungstest (Abschnitt 4.3.3) im Vortest-Nachtest-Design erhoben. Es wurden die Residuen berechnet und für deskriptive Zwecke die Differenz zwischen der erreichten Punktzahl im Nachtest und der erreichten Punktzahl im Vortest bestimmt.

Die Wissensstruktur der Schüler (Abschnitt 4.3.4) wurde mit Hilfe eines individuell zu erstellenden Begriffsnetzes erfasst. Die Begriffsnetze wurden hinsichtlich ihrer Komplexität und ihrer inhaltlichen Qualität ausgewertet.

Die Lernmotivation der Schüler (Abschnitt 4.3.5) wurde als Kriteriumsvariable mit einem Fragebogen bestehend aus Skalen zum Fachinteresse, zum Interesse auf Verhaltensebene, zur

intrinsischen und extrinsischen Motivation, zur Anstrengungsbereitschaft und zur Abneigung erhoben. Die Items waren auf einer 4-stufigen Likert-Skala zu beantworten.

Die Lernmotivation und das Vorwissen zum Themengebiet Blut und Blutkreislauf der Schüler wurden zudem als potenzielle Einflussvariablen erhoben.

## **4.3 Messinstrumente**

### **4.3.1 Videobasierte Unterrichtsanalyse**

Videobasierte Beobachtungsverfahren und die Analyse von Unterricht anhand von Kategoriensystemen sind seit den ersten TIMSS Videostudien der 90er Jahre verstärkt in den Blickpunkt empirischer Unterrichtsforschung gerückt (z.B. Stigler et al., 2000; von Aufschnaiter & Welzel, 2001; Prenzel et al., 2002; Clausen et al., 2003; Hiebert et al., 2003; Reusser & Pauli, 2003). Die videobasierte Unterrichtsanalyse kann ähnlich wie eine Inhaltsanalyse als „eine empirische Methode zur systematischen, intersubjektiv nachvollziehbaren Beschreibung inhaltlicher und formaler Merkmale von Mitteilungen; häufig mit dem Ziel einer darauf gestützten interpretativen Inferenz“ betrachtet werden (Früh, 2001, 25). Sie stellt, insbesondere in Kombination mit weiteren Daten aus Fragebögen und Leistungstests, eine vielversprechende Methode dar, unterrichtliche Komplexität genauer zu erfassen (Petko et al., 2003) und Zusammenhänge zwischen dem Unterrichtsgeschehen, beispielsweise den Lehr- Lernprozessen und kognitiven sowie motivationalen Aspekten der Schüler zu untersuchen.

Bei der videobasierten Unterrichtsanalyse handelt sich um ein qualitatives Beobachtungsverfahren, bei dem der aufgezeichnete Unterricht hinsichtlich zuvor festgelegter Kriterien mit Hilfe speziell entwickelter Kategoriensysteme kodiert und so einer quantitativen Auswertung zugänglich gemacht wird. Ein Kategoriensystem besteht aus Variablen, die Aspekte von Unterricht umfassen und dazugehörige Kategorien, die die im Unterricht direkt beobachtbare oder erschließbare Ausprägung der jeweiligen Variablen darstellen. In diesem Zusammenhang wird zwischen einer hoch- und einer niedrig-inferenten Kodierung unterschieden.

Eine hoch-inferente Kodierung ist dadurch gekennzeichnet, dass das zu kodierende Konstrukt komplex und nicht direkt beobachtbar ist (z.B. kognitive Aktivierung oder Vernetzung), so dass für seine Einschätzung interpretative Prozesse des Kodierers notwendig sind. Oftmals ist für eine Beurteilung der unterrichtliche Kontext zu beachten. Bei einer niedrig-inferenten

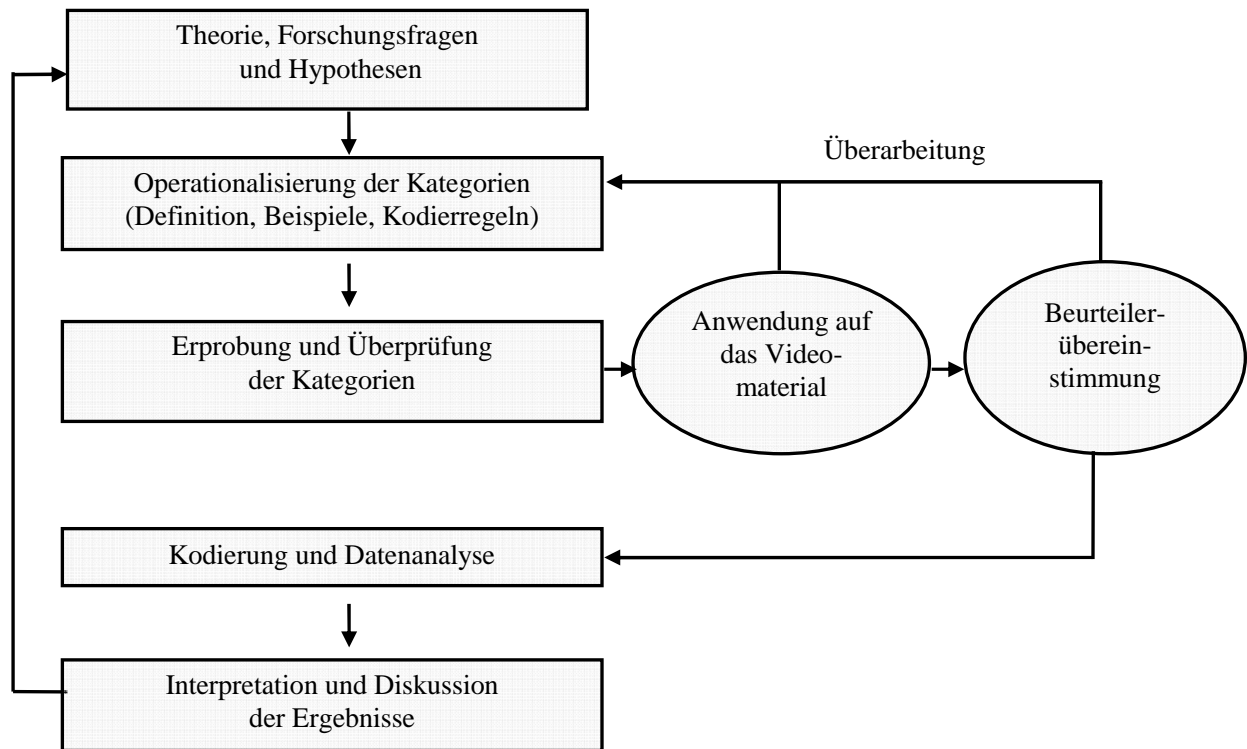
Kodierung ist das Konstrukt meist direkt beobachtbar (z.B. Sozialform oder Medien), was zu einer relativ objektiven Kodierung führt. Hinsichtlich der Einschätzung der Qualität von Unterricht oder Unterrichtsprozessen haben niedrig-inferente Kodierung jedoch nur eine eingeschränkte Aussagekraft, da sie auf oberflächliche Merkmale abzielen. Hier erweisen sich hoch-inferente Kodierungen als vielversprechender (vgl. Clausen et al., 2003; Hugener et al., 2006). Sie weisen einen höheren Zusammenhang mit Merkmalen schulischer Entwicklung auf.

#### **4.3.2 Kategoriensystem zur Analyse von Vernetzung im Biologieunterricht**

##### **4.3.2.1 Entwicklung und Evaluation eines Kategoriensystems zur Analyse von Vernetzung im Biologieunterricht**

Bei der Beobachtung von Unterricht ist eine standardisierte und systematische Vorgehensweise notwendig. Durch einen zuvor aufgestellten Beobachtungsplan wurde festgelegt, welche Aspekte des Unterrichts auf welche Weise zu beobachten, zu beurteilen und zu notieren sind. Subjektive Interpretationen und Deutungen wurden durch Vorgabe aussagekräftiger Beispiele (Indikatoren) so weit wie möglich eingeschränkt.

Sprache hat als Mittel der verbalen Kommunikation über Fachinhalte eine besondere Bedeutung und ist ein zentrales Element des Lehrens und Lernens im Unterricht. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass von Sprache auf kognitive Aktivitäten geschlossen werden kann. Die Untersuchung des Biologieunterrichts hinsichtlich seiner inhaltlichen Vernetzung erfolgte in der vorliegenden Arbeit durch Kodierung fachlicher Lehrer- und Schüleräußerungen. Für die Analyse der Äußerungen wurde ein Kategoriensystem, bestehend aus zwei Teilsystemen entwickelt, die als hoch-inferent zu bezeichnen sind. Die Entwicklung vollzog sich in einem zyklischen Prozess (Abb. 2). Ausgehend von den aufgestellten Forschungsfragen wurden Variablen und Kategorien, die Aspekte von Vernetzung im Biologieunterricht darstellen, erarbeitet. Im Zuge der Operationalisierung wurden die einzelnen Kategorien definiert, durch Beispiele näher erläutert und voneinander abgegrenzt. Das Kategoriensystem wurde darauf auf das Videomaterial angewandt, Defizite diskutiert und Kategorien überarbeitet.



**Abb. 2: Vorgehen bei der Entwicklung des Kategoriensystems** (vgl. Bos & Tarnai, 1999; Jacobs et al., 1999).

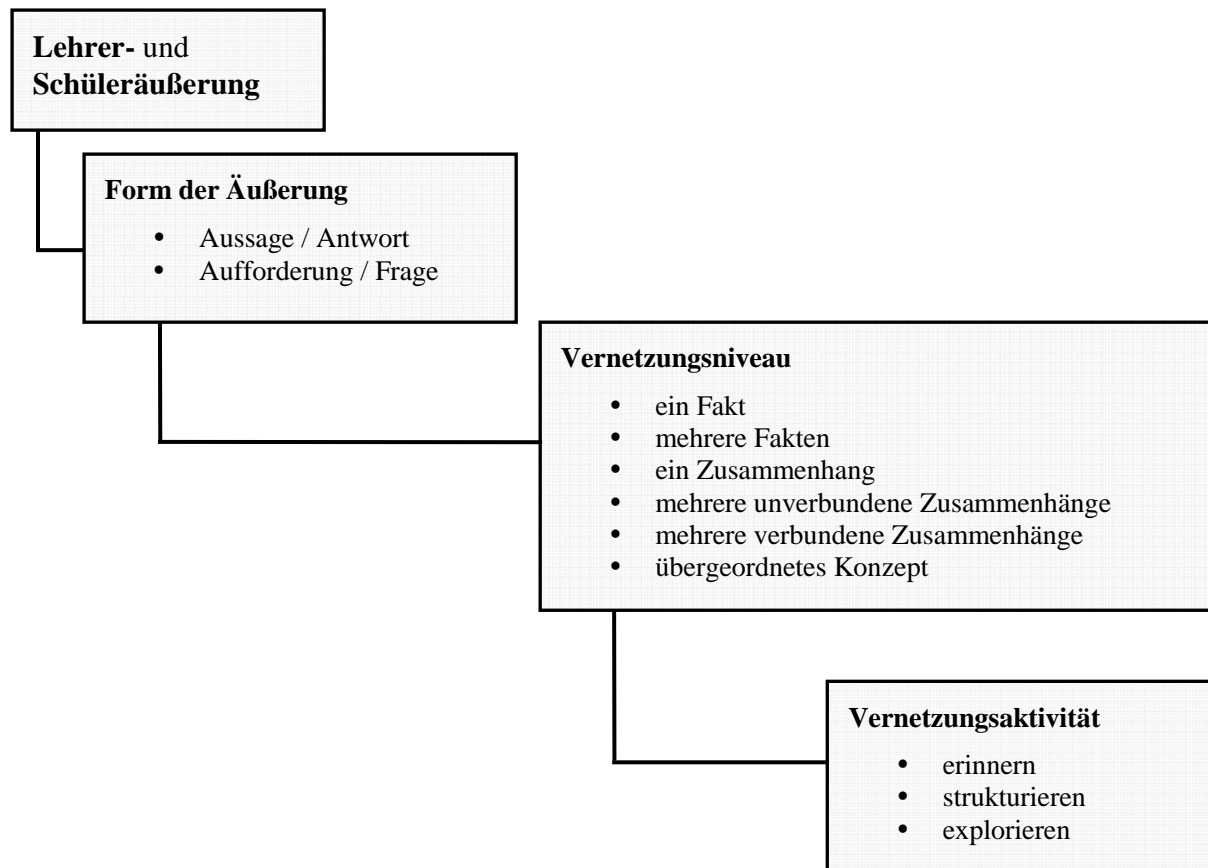
Die Kodierung des Unterrichts wurde zeitbasiert mit Hilfe des Programms Videograph (Rimmele, 2002) vorgenommen. Jedes 10 Sekundenintervall wurde entschieden, ob eine oder mehrere Variablen aufgetreten sind. Da sich eine Lehrer- oder Schüleräußerung über mehrere Intervalle erstrecken kann, konnte innerhalb einer Gesamtäußerung eine mehrmalige Kodierung der einzelnen Variablen möglich sein. Wurden in einem Intervall mehrere Äußerungen gemacht, wurden sie im jeweils folgenden Intervall kodiert. Es wurde eine Top-down Kodierung angewendet, d.h. konnten bei der Variablen Vernetzungsniveau in einem Intervall mehrere Niveaustufen kodiert werden, wurde die Kategorie mit dem höheren Niveau kodiert. Bei der Variablen Vernetzungsaktivität wurde diejenige Kategorie kodiert, die den größeren zeitlichen Anteil umfasste. Wiederholte Äußerungen wurden nicht kodiert (weitere Ausführungen zur Kodierung in Glemnitz et al., 2005).

Die Kodierungen wurden gemeinsam mit drei studentischen Hilfskräften durchgeführt. Sie befanden sich im Hauptstudium für das Lehramt mit dem Fach Biologie und wurden für diese Aufgabe geschult. Ziel der Schulung war es, ein gemeinsames theoretisches Verständnis der zu kodierenden Variablen und Kategorien zu erreichen (vgl. Kobarg & Seidel, 2003) und so eine möglichst reliable Kodierung zu erzielen. Nach einer Einführung in das Forschungsprojekt, der Besprechung des Kategoriensystems und möglicher Beobachtungs-

fehler wurden Unterrichtssequenzen gemeinsam kodiert und diskutiert. Hierfür wurden Videos verwendet, die im Rahmen eines anderen Projekts aufgenommen worden waren. Nach der Schulung wurden von jedem Kodierer vier Unterrichtsvideos selbstständig kodiert und besprochen. Zur endgültigen Überprüfung der Objektivität und Reliabilität der Kodierung wurden 10 % der Videos doppelt kodiert und die Beobachterübereinstimmung bestimmt (Abschnitt 4.5). Nach Sicherstellung einer ausreichenden Beobachterübereinstimmung erfolgte die Kodierung des Videomaterials. Diese vollzog sich in zwei Durchgängen. Im ersten Durchgang wurde die vertikale, im zweiten Durchgang die innerbiologische Vernetzung betrachtet.

#### **4.3.2.2 Kategoriensystem zur Erfassung vertikaler Vernetzung**

Im Rahmen des Projekts „Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ (siehe auch Glemnitz, 2007; Kauertz, 2007) wurde ein Modell vertikaler Vernetzung entwickelt, welches Vernetzungsaspekte im Naturwissenschaftsunterricht auf mehreren Ebenen beschreibt (Sumfleth et al., 2006). Vertikale Vernetzung wird als ein aktiver Lernprozess definiert, bei dem fachliche Inhaltselemente innerhalb eines Schulfaches miteinander verbunden werden. Dabei sind verschiedene Niveaus und Aktivitäten der Vernetzung möglich, die über den Inhalt fachlicher Äußerungen erschließbar werden. Ausgehend von dem Modell vertikaler Vernetzung wurde ein Kategoriensystem entwickelt, das die Variablen *Vernetzungsniveau*, *Vernetzungsaktivität* und *Form der Äußerung* beinhaltet. Die Variablen sind in mehrere Kategorien unterteilt (Abb. 3).



**Abb. 3: Kategoriensystem zur Erfassung vertikaler Vernetzung im Unterricht.** Dargestellt sind die drei Variablen *Form der Äußerung*, *Vernetzungsniveau* und *Vernetzungsaktivität* sowie ihre Kategorien.

Im Folgenden werden die Variablen und ihre Kategorien näher erläutert.

#### Variable: **Form der Äußerung**

Analysegegenstand waren fachliche Lehrer- und Schüleräußerungen im Unterricht. Bei einer Lehreräußerung konnte es sich um eine Aussage (Kategorie *Aussage*) oder eine Aufforderung (Kategorie *Aufforderung*), z.B. in Form einer Frage an die Schüler handeln. Eine Schüleräußerung wurde ebenfalls als *Aussage* (z.B. als Antwort auf eine Frage des Lehrers) oder als *Frage* kategorisiert. Vom Lehrer ausgeteilte Materialien oder Anschriebe an Tafel, Overheadfolie etc. wurden als eine Lehreräußerung angesehen (gleiches galt beim Schüler). Jeder fachlichen Äußerung wurde ein Vernetzungsniveau und eine Vernetzungsaktivität zugeordnet.

Die Variable **Vernetzungsniveau** bezeichnet die Komplexität der Inhaltsstruktur. Sie ist in sechs Kategorien (Niveaustufen) untergliedert, die unterschiedliche Grade der inhaltlichen Komplexität beschreiben:

Kategorie: *einzelner Fakt* (Niveaustufe I)

Niveaustufe I wurde kodiert, wenn ein einzelner Fakt genannt oder gefordert wurde. Bei einem Fakt kann es sich um einen Begriff, ein Objekt, eine Eigenschaft, eine Tatsache oder ähnlichem handeln.

Beispiele: „Nenne mir eine Aufgabe der Erythrozyten!“, „Ihr kennt die Blutgruppen A, B, AB und ...?“, „Woraus besteht Blut hauptsächlich?“, „Was sind Leukozyten?“, „Das Herz ist ein Muskel.“, „Es gibt verschiedene Blutgruppen“, „Bildungsort der Thrombozyten ist das rote Knochenmark“, „Wie heißen Gefäße, die vom Herzen wegführen?“.

Kategorie: *mehrere Fakten* (Niveaustufe II)

Wurden in einem Intervall nicht nur ein, sondern mehrere Einzelfakten geäußert, wurde Niveaustufe II kodiert. Sowohl in Niveaustufe I als auch in Niveaustufe II stehen fachliche Inhaltselemente unverbunden nebeneinander.

Beispiele: „Wer beschreibt mir den Aufbau einer Arterie?“, „Wie heißen die Bestandteile des Herzens?“, „Was passiert mit dem Herzen während der Systole und was während der Diastole?“, „Erythrozyten transportieren Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid“, „Das Blut besteht aus festen und aus flüssigen Bestandteilen. Wer nennt mir diese?“.

Kategorie: *ein Zusammenhang* (Niveaustufe III)

Wurden Fakten explizit zueinander in Beziehung gesetzt, besteht zwischen ihnen eine Wechselwirkung, Abhängigkeit, Bedingung oder Kausalität wurde Niveaustufe III erreicht. Dies kann sich beispielsweise in wenn-dann, deshalb, folglich, also oder weil Beziehungen äußern, z.B. bei Darstellung eines biologischen Prozesses.

Beispiele: „Was passiert, wenn ich Antikörper der Blutgruppe A mit Blut der Blutgruppe B mische?“, „Was ist eine Folge von verstopften Gefäßen?“, In einem Versuch werden Fibrinfasern aus dem Blut entfernt. Frage ist nun „Was wird mit dem Blut passieren, wenn es der Luft ausgesetzt wird?“.

Kategorie: *mehrere unverbundene Zusammenhänge* (Niveaustufe IV)

Diese Niveaustufe wurde kodiert, wenn mehrere Zusammenhänge oder Abhängigkeiten zwischen Begriffen, Objekten oder Inhalten genannt oder gefordert wurden. Dabei stellten die



geäußerten Beziehungen jedoch einen unvollständigen oder unzulänglichen Beschreibungs- oder Erklärungsversuch des Sachverhaltes dar.

Kategorie: *mehrere verbundene Zusammenhänge* (Niveaustufe V)

Wurden mehrere Zusammenhänge oder Abhängigkeiten von Inhalten geäußert und diese aufeinander bezogen, wurde Niveaustufe V erzielt. Es kann sich bei dieser Kategorie z.B. um eine vollständige Argumentation oder Erklärung komplexer Sachverhalte handeln. Diese Kategorie ist verstärkt nach der Bearbeitung des Unterrichtsinhalts zu erwarten, da dann auf Basis des erarbeiteten Fachwissens argumentiert oder geschlussfolgert werden kann.

Beispiele: „Nennt und begründet anhand des Versuchs und eurer Kenntnisse, welche Blutgruppen die einzelnen Personen haben müssen“, „Wenn ihr nun all unsere Erkenntnisse zusammennehmt, könnt ihr dann die Frage beantworten, warum die Einheimischen an den Bakterien nicht erkranken?“, „Wer identifiziert die leiblichen Eltern des Kindes? Bitte mit Begründung. „Warum ist nun dieser Eiweißstoff so wichtig für die Gesamtreaktion?“.

Kategorie: *übergeordnetes Konzept* (Niveaustufe VI)

Bei Verwendung eines übergeordneten Konzeptes (Basiskonzept) wurde Niveaustufe VI kodiert. Ein übergeordnetes Konzept zeichnet sich dadurch aus, dass durch dieses der konkrete Unterrichtsinhalt Beispiel eines abstrakten, allgemeingültigen oder wiederkehrenden Prinzips darstellt. Durch Verwendung eines übergeordneten Konzeptes werden viele einzelne, zusammenhängende Informationen in einem umfassenden Begriff verdichtet.

Beispiele: „Welches Prinzip könnt ihr erkennen?“, „Dies ist wieder ein Beispiel für die Antigen-Antikörperreaktion, ein Schlüssel-Schloss Prinzip, wie wir es schon bei der Besprechung der Immunabwehr des Körpers kennengelernt haben“, „Hier [Thema Funktionen der Blutbestandteile, Sauerstofftransport, Form der Erythrozyten] spielt die Oberflächenvergrößerung eine Rolle. Diese ist auch im Darm in Form von Darmzotten zu beobachten mit derselben Funktion oder in der Lunge in Form von Lungenbläschen, ein in der Biologie immer wiederkehrendes Konzept“.

Die Variable **Vernetzungsaktivität** beschreibt die kognitiven Prozesse, die zur Erarbeitung der Fachinhalte notwendig sind. Sie besteht aus drei Kategorien:

Kategorie: *erinnern*

Erinnern bezeichnet den Abruf von Vorwissen. Bekanntes Wissen wird rekapituliert und ins Gedächtnis gerufen. Im Mittelpunkt steht die Reproduktion des Gelernten.

Beispiele: „Beschreibt mir bitte noch mal, was mit der Windkesselfunktion gemeint ist“, „Was war das Blutserum?“, „Welche Gefahren von Bluthochdruck haben wir besprochen?“, „Wer wiederholt den Weg des Blutes durch den Körper?“, „Letzte Woche haben wir die einzelnen Blutbestandteile besprochen. Wer nennt die nochmal?“.

Kategorie: *strukturieren*

Beim Strukturieren werden fachliche Inhalte organisiert, geordnet oder hervorgehoben. Dabei konnte es sich um ein vorweggenommenes, wie das Geben eines inhaltlichen Überblicks oder nachträgliches Strukturieren, wie das Zusammenfassen von Unterrichtsinhalten handeln.

Beispiele: „Merkt euch bitte, was unter Systole und was unter Diastole zu verstehen ist. Das brauchen wir später noch“, „Wichtig ist, dass ihr die Begriffe Blutgerinnung und Blutverklumpung auseinander haltet“, „Wir haben gelernt, dass das Herz aus vier Kammern besteht, zwei Vor- und zwei Hauptkammern und, dass Taschenklappen den Rückfluss des Blutes verhindern. Jetzt fehlt noch die Funktion der Segelklappen.“

Kategorie: *explorieren*

Bei einer Äußerung handelt es sich um explorieren, wenn Vermutungen zu einem Problem aufgestellt, Schlussfolgerungen oder Begründungen zur Erklärung eines Sachverhalts abgegeben wurden. Beim Explorieren wird der Unterrichtsinhalt erforscht, geprüft und dadurch neues Wissen generiert und erschlossen.

Beispiele: Einführung eines neuen Themas, z.B. Agglutination von Blutgruppen: „Was meint ihr, warum ist das Kind nach der Bluttransfusion gestorben?“, Immunsystem: „Was glaubt ihr passiert im Körper nach einer Impfung, welche Reaktionen könnten da ablaufen?“, „Stellt eure Vermutungen vor!“

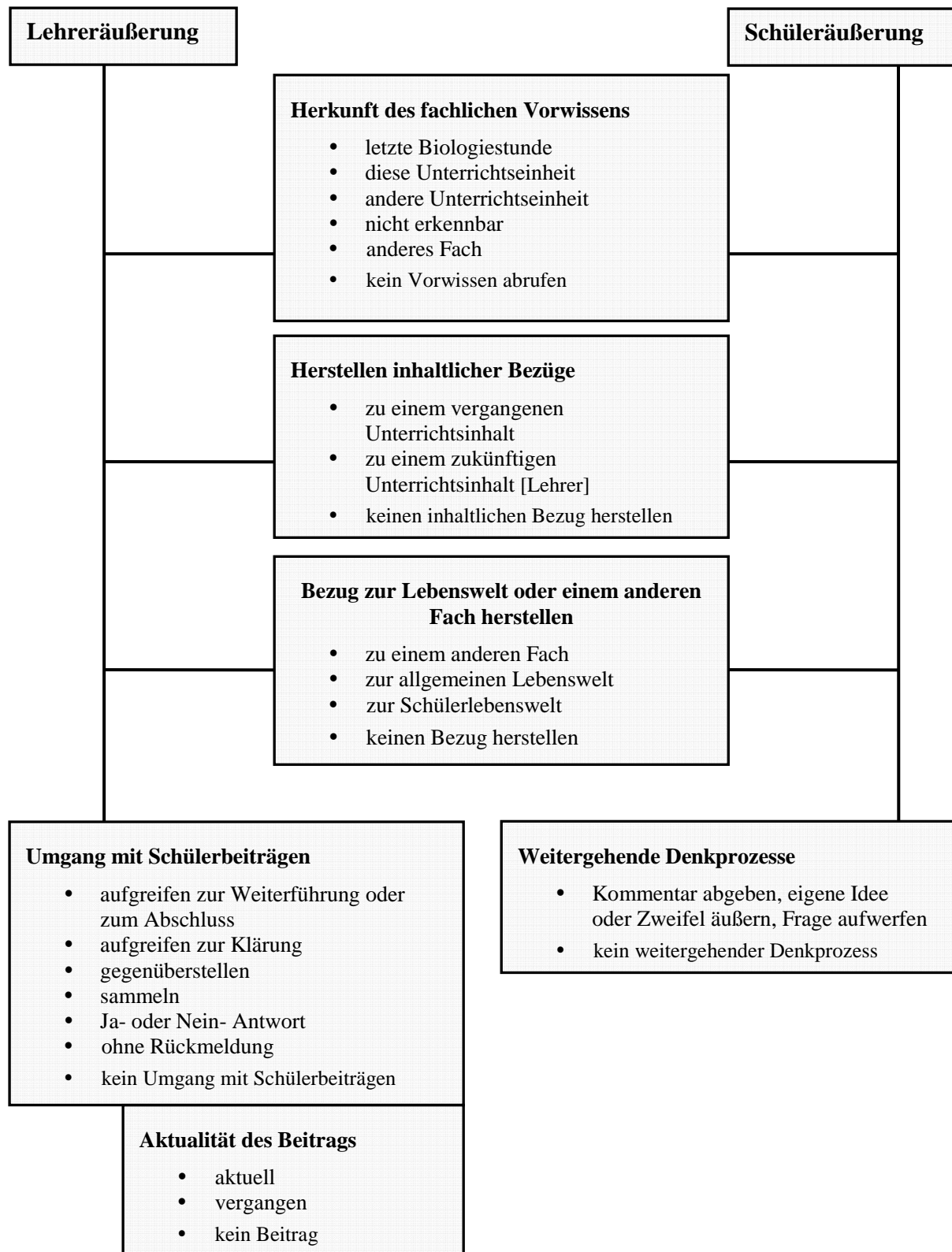
Die Beobachterübereinstimmung der kodierten Variablen kann als akzeptabel bis gut angesehen werden (Tab. 1).

**Tab. 1: Beobachterübereinstimmung in den Variablen des Kategoriensystems zur Erfassung vertikaler Vernetzung im Biologieunterricht (zwei Kodierer).** Cohens  $\kappa$  bezeichnet die Übereinstimmung im Kappa-Koeffizienten nach Cohen, PÜ die prozentuale Übereinstimmung.

| Variable             | Cohens $\kappa$ |         | PÜ     |         |
|----------------------|-----------------|---------|--------|---------|
|                      | Lehrer          | Schüler | Lehrer | Schüler |
| Form der Äußerung    | 0,73            | 0,77    | 85,2   | 95,9    |
| Vernetzungsniveau    | 0,56            | 0,52    | 68,0   | 66,1    |
| Vernetzungsaktivität | 0,63            | 0,62    | 77,7   | 78,2    |

#### **4.3.2.3 Kategoriensystem zur Erfassung innerbiologischer Vernetzung**

Das im Projekt entwickelte Kategoriensystem wurde für die Analyse von Biologieunterricht um zusätzliche Aspekte von Vernetzung erweitert. Sie werden als innerbiologische Vernetzung bezeichnet und durch je vier Variablen auf Lehrer- und Schülerseite erfasst. Dazu wurde sich an verschiedene Aufstellungen angelehnt und diese für den Biologieunterricht weiterentwickelt (vgl. Stigler et al., 1999; Widodo, 2004; Kobarg & Seidel, 2003; Lind & Sandmann, 2003; Kunter, 2005; Rakoczy & Pauli, 2006). Die Variablen sind in mehrere disjunkte Kategorien unterteilt (Abb. 4). Anders als beim Kategoriensystem zur vertikalen Vernetzung (vgl. Abschnitt 4.3.2.2) war bei einer beobachteten fachlichen Äußerung die Kodierung einer variablen Anzahl weiterer Variablen möglich.



**Abb. 4: Erweitertes Kategoriensystem zur Erfassung innerbiologischer Aspekte von Vernetzung im Unterricht.** Dargestellt sind die Variablen *Herkunft des fachlichen Vorwissens*, *Herstellen inhaltlicher Bezüge*, *Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen*, *Umgang mit Schülerbeiträgen* mit *Aktualität des Beitrags* und *Weitergehende Denkprozesse* mit ihren Kategorien.

Im Folgenden werden die Variablen und Kategorien des erweiterten Kategoriensystems näher beschrieben (siehe auch Anhang E).

**Variable: Herkunft des fachlichen Vorwissens**

Mit dieser Variablen wurde erfasst, woher das fachliche Vorwissen stammte. Es wurden zwei Arten von Vorwissen unterschieden: Vorwissen, das offenbar aus einem vorangegangenen Unterricht herrührte und Vorwissen, dass die Schüler bereits vor Erarbeitung des neuen Unterrichtsinhalts zum Thema besaßen. Handelte es sich um Vorwissen aus dem Unterricht, wurde weiterhin unterschieden, ob es aus der letzten Biologiestunde, aus der aktuellen oder einer vergangenen Unterrichtseinheit stammte. Vorwissen aus anderen Fächern, z.B. Chemie, Physik, Ethik etc. wurde ebenfalls kodiert.

Beispiele: „Kurze Wiederholung der letzten Stunde. Wer zählt mir noch mal die einzelnen Bestandteile des Blutes auf?“ (Kategorie Vorwissen aus der *letzten Biologiestunde*), Thema der Stunde gesunde Ernährung (im Rahmen der Unterrichtseinheit Verdauung): Schüler auf das Problem der besprochenen Risiken von Fettleibigkeit: „Zuviel Fett in der Nahrung kann dazu führen, dass sich in den Gefäßen Ablagerungen ansammeln, die Gefäße dadurch verengt werden und das Risiko eines Herzinfarkts steigt.“ (Kategorie Vorwissen aus der *aktuellen Unterrichtseinheit*). In der Unterrichtseinheit Ökologie: „Welche Arten der Fortpflanzung hatten wir im Rahmen der Genetik besprochen?“ - „Die sexuelle und die asexuelle Vermehrung, z.B. durch Stecklinge“. (Kategorie Vorwissen aus einer *vergangenen Unterrichtseinheit*). Thema Blut und Blutkreislauf: „Was wisst ihr schon über das Thema Blut?“ (Kategorie *Herkunft nicht erkennbar*). Thema Blutdruckmessung: „Was bedeutet die Einheit mm/Hg? Wofür steht Hg? Das wisst ihr aus dem Chemieunterricht.“ (Kategorie Vorwissen aus einem *anderen Fach*).

**Variable: Herstellen inhaltlicher Bezüge**

Ein vernetzender Biologieunterricht sollte sich dadurch auszeichnen, dass Bezüge zwischen den einzelnen Fachinhalten geschaffen werden. Dabei spielen Vorwissen und Vorerfahrungen eine Rolle, da diese mit den neu erarbeiteten Inhalten verknüpft und in einen Zusammenhang gebracht werden. Mit der Variablen Herstellen inhaltlicher Bezüge wurde erfasst, ob während des Unterrichts explizit Bezüge zu einem vergangenen oder zukünftigen Unterrichtsinhalt hergestellt wurden. Die Variable umfasst zwei Kategorien. Inhaltliche Bezüge zu einem *vergangenen Unterrichtsinhalt* können dadurch geschaffen werden, dass bekanntes Wissen genutzt oder angewendet wird, um kognitive Wissensstrukturen zu erweitern und neues Wissen aufzubauen. Gleichwohl können Gemeinsamkeiten der Inhalte verdeutlicht oder diese

inhaltlich gegeneinander abgegrenzt werden. Werden zukünftige Lerninhalte in die aktuelle Diskussion miteinbezogen, wird die Kategorie inhaltliche Bezüge zu einem *zukünftigen Unterrichtsinhalt* herstellen, kodiert<sup>8</sup>. Inhaltliche Bezüge zu biologischen *Basiskonzepten* wurden bereits beim Kategoriensystem zur vertikalen Vernetzung (Kategorie: *übergeordnetes Konzept*) erläutert (Abschnitt 4.3.2.2).

Beispiele: Aktuelles Thema ist Atmung. In einer zurückliegenden Biologiestunde wurde der Transport und die Verdauung der Nahrung besprochen: „Wie meint ihr, kann man die erforderliche Sauerstoffversorgung größerer Organismen gewährleisten? Denkt mal an das Thema Verdauung, da hatten wir so etwas ähnliches schon einmal!“ (Kategorie Herstellen inhaltlicher Bezüge zu einem *vergangenen Unterrichtsinhalt*).

Das Unterrichtsthema ist Vererbung. Lehrer: „Ich werde euch nächste Stunde einen Film mitbringen, in dem gezeigt wird, wie die DNA in Proteine übersetzt wird. Das findet an den sogenannten Ribosomen statt. Das sind weitere Zellbestandteile.“ (Kategorie Herstellen inhaltlicher Bezüge zu einem *zukünftigen Unterrichtsinhalt*).

Thema Blutgruppen und Agglutination. Lehrer: „Das ist also wieder ein Beispiel für das Schlüssel-Schloss-Prinzip. Das wird euch noch häufiger begegnen.“ (Kategorie Herstellen inhaltlicher Bezüge zu einem *Basiskonzept*).

#### Variable: **Bezüge zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen**

Bezüge zur allgemeinen Lebenswelt, der direkten Lebenswelt der Schüler oder einem anderen Fach wurde als eine weitere Möglichkeit angesehen, einen vernetzenden Biologieunterricht zu fördern und wurden ebenfalls kodiert.

Beispiele: Thema Ernährung und Verdauung. Der Lehrer stellt verschiedene Lebensmittel auf den Tisch und schaut fragend in die Klasse. [...] Lehrer: „Beim Brotbacken benutzt der Bäcker etwas, das den Teig gehen lässt. Was ist das? Kennt ihr bestimmt.“ Schüler: „Das wird Hefe sein!“ (Kategorie Bezug *zur allgemeinen Lebenswelt* herstellen).

Thema Verklumpung von Blutgruppen. Lehrer: „Hat jemand von euch schon mal Blut gespendet oder war im Krankenhaus für eine Operation?“ (Kategorie Bezug *zur Schülerlebenswelt* herstellen).

---

<sup>8</sup> Diese Kategorie wurde nur auf Lehrerseite kodiert.

Thema Atmung. Lehrer: „Die Verteilung von Stoffen aufgrund ihrer Eigenbewegung habt ihr ja bereits im Chemieunterricht kennengelernt. So könnt ihr euch das auch hier vorstellen.“ (Kategorie Bezug zu einem anderen Fach herstellen).

**Variable: Weitergehende Denkprozesse**

Diese Variable bezeichnet die aktive, eigenständige Verarbeitung und Elaboration der Lerninhalte durch den Schüler im Unterricht. Hierbei wird aktueller Unterrichtsstoff mit bereits besprochenen Fachinhalten d.h. fachlichem Vorwissen, Alltagswissen oder vorunterrichtlichen Erfahrungen verknüpft, indem auf den Unterrichtsinhalt bezogene eigene Ideen, Zweifel oder Fragen aufgeworfen oder eigeninitiativ sachbezogene Kommentare abgegeben wurden. Diese Äußerungen hatten dabei einen über die eigentliche Frage des Lehrers hinausgehenden, weiterführenden Charakter bzw. wurden unabhängig von der Frage des Biologielehrers geäußert.

Beispiele: Unterrichtsthema Blutbestandteile und Aufgaben des Blutes. Schüler: „Ich kann mir nicht vorstellen, dass man Blut künstlich herstellen kann! Wie soll man denn Stoffe entwickeln, die z.B. Krankheitserreger erkennen..?“

**Variable: Umgang mit Schülerbeiträgen und Aktualität des Beitrags**

Mit dieser Variablen wurde der Umgang des Biologielehrers mit Beiträgen als eine Möglichkeit der Vernetzung im Biologieunterricht erfasst. Der Lehrer kann auf Beiträge lediglich mit „Ja“ oder „Nein“ reagieren oder aber diese aufgreifen und weiterführen. Durch kontinuierliches Aufgreifen und Aufeinanderbeziehen von Beiträgen kann ein in sich zusammenhängendes Geflecht fachbezogener Äußerungen entwickelt und Lerninhalte verstärkt erarbeitet, verknüpft und erweitert werden. Die Variable besteht aus den sechs Kategorien *Aufgreifen zur Weiterführung oder zum Abschluss*, *Aufgreifen zur Klärung*, *Gegenüberstellen von Beiträgen*, *Sammeln von Beiträgen*, *Ja- oder Nein- Antwort* und *Ohne Rückmeldung*.

Bei der Aktualität des Beitrages wurde unterschieden, ob auf einen aktuellen oder einen vergangenen Beitrag reagiert wurde (Kategorie *aktueller* bzw. *vergangener* Beitrag). Bei Kodierung eines vergangenen Beitrags, konnte davon ausgegangen werden, dass ein zuvor thematisierter Inhalt erneut aufgegriffen und so ein Rückbezug hergestellt wurde.

Die Beobachterübereinstimmung der kodierten Variablen kann als akzeptabel bis sehr gut angesehen werden (Tab. 2).

**Tab. 2: Beobachterübereinstimmung in den Variablen des erweiterten Kategoriensystems zur Erfassung innerbiologischer Vernetzung im Unterricht (zwei Kodierer).** Cohens  $\kappa$  bezeichnet die Übereinstimmung im Kappa-Koeffizienten nach Cohen, PÜ die prozentuale Übereinstimmung. Bei selten auftretenden Variablen wurde zusätzlich die Auftretensübereinstimmung ermittelt (Angaben in Klammern; vgl. Abschnitt 4.5).

| Variable  | Cohens $\kappa$ |                | PÜ             |                |
|---|-----------------|----------------|----------------|----------------|
|   | Lehrer          | Schüler        | Lehrer         | Schüler        |
| Herkunft des fachlichen Vorwissens                      | 0,73            | 0,81           | 94,8           | 93,5           |
| Herstellen inhaltlicher Bezüge                          | 0,71<br>(0,47)  | 0,68<br>(0,41) | 98,0<br>(60,0) | 96,0<br>(63,2) |
| Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen | 0,84<br>(0,53)  | 0,81<br>(0,49) | 97,4<br>(79,4) | 97,4<br>(72,7) |
| Umgang mit Schülerbeiträgen                             | 0,82            | -              | 86,2           | -              |
| Aktualität des Beitrags                                 | 0,84            | -              | 90,8           | -              |
| Weitergehende Denkprozesse                              | -               | 0,68<br>(0,49) | -              | 97,1<br>(62,5) |
| Form der Äußerung                                       | 0,92            | 0,82           | 96,2           | 98,2           |

### 4.3.3 Leistungstest zur Erfassung von Wissenszuwachs

#### 4.3.3.1 Entwicklung und Evaluation des Leistungstests

Der Wissenszuwachs der Schüler zum Themengebiet Blut und Blutkreislauf wurde mit einem Leistungstest erhoben, der 31 Multiple-Choice- und Kurzantworten-Aufgaben zum Faktenwissen umfasste. Bei der Testentwicklung, die im Rahmen einer Examensarbeit stattfand (Wittig, 2005), wurden Aufgaben aus in NRW eingesetzten Lehrbüchern und Aufgabensammlungen der Jahrgangsstufe 9 für das Gymnasium übernommen, einige modifiziert und Aufgaben selbst erstellt. Alle Aufgaben beziehen sich auf Inhalte, die nach den Richtlinien verpflichtend zu unterrichten sind (vgl. Kultusministerium des Landes Nordrhein-Westfalen, 1993). Der so entstandene Aufgabenpool wurde in zwei Pilotstudien evaluiert, um für den Leistungstest geeignete Items zu identifizieren.

In einer ersten Pilotstudie im November und Dezember 2004 wurden die Aufgaben in einem Vortest-Nachtest Design in vier Klassen getestet ( $N = 104$ ), wobei im Mittel ein signifikanter Wissenszuwachs von 4,5 Punkten festgestellt werden konnte ( $p \leq 0,001$ ). Der Nachtest wurde genutzt, um Items hinsichtlich ihrer Schwierigkeit und Trennschärfe zu analysieren, geeignete Aufgaben auszuwählen und die Homogenität des Tests zu überprüfen. Im Folgenden werden Begriffe, die mit der Aufgabenanalyse verbunden sind, erläutert.



Die Schwierigkeit einer Aufgabe ist definiert durch die prozentuale Häufigkeit, mit der sie von Probanden aus einer repräsentativen Stichprobe richtig beantwortet wird (Lienert & Raatz, 1998, 57). Für einen ausgeglichenen Test sollte die Aufgabenschwierigkeit zwischen 0,2 und 0,8 liegen und eine möglichst breite Streuung aufweisen (vgl. Bortz & Döring, 2002, 218).

Der Trennschärfekoeffizient gibt die Korrelation der Beantwortung eines Items mit dem Gesamttestwert wider und ist ein Maß dafür, wie gut das gesamte Testergebnis aufgrund der Beantwortung dieser einzelnen Aufgabe vorhersagbar ist (vgl. Bortz & Döring, 2002, 219). Zur Unterscheidung zwischen „guten“ und „schlechten“ Probanden sind hohe Trennschärfekoeffizienten erstrebenswert (positive Werte  $\geq 0,3$ ). Dabei hängt die Höhe der Trennschärfe mit der Schwierigkeit der Aufgabe zusammen, so dass bei sehr leichten und sehr schweren Aufgaben geringere Trennschärfen zu erwarten sind.

Die Homogenität des Leistungstests wurde durch Ermittlung des Alpha-Koeffizienten nach Cronbach überprüft, der einen Wert zwischen -1 und 1 annehmen kann. Der Koeffizient gibt an, wie hoch die einzelnen Aufgaben eines Tests im Durchschnitt miteinander korrelieren (Item-Interkorrelation). Erstrebenswert ist ein Wert von  $> 0,6$ , da dann davon ausgegangen werden kann, dass die einzelnen Aufgaben ähnliche Informationen erfassen (vgl. Bortz & Döring, 2002, 219). Dabei ist die Höhe des Koeffizienten nicht nur von der Item-Interkorrelation, sondern auch von der Anzahl der Items abhängig. Bei einer kurzen Skala ist von eher geringen Werten auszugehen als bei langen Skalen (Bortz & Döring, 2002, 198).

Nach der Aufgabenanalyse wurden 31 ausgewählte Aufgaben in einer zweiten Pilotstudie im Dezember 2005 in drei Klassen ( $N = 65$ ) nach Beendigung der betreffenden Unterrichtseinheit erneut überprüft. Alle Aufgaben konnten für die Hauptstudie verwendet werden.

#### **4.3.3.2 Einsatz des Leistungstests**

Der in der Hauptstudie eingesetzte Leistungstest (Anhang B) umfasste 31 Aufgaben zu den Inhaltsbereichen Bestandteile und Funktionen des Blutes, Aufbau und Funktion des Herzens sowie des Blutkreislaufsystems, Blutgruppen (AB0-System) und Gesunderhaltung des Blutkreislaufsystems (Abb. 5). Der Homogenitätskoeffizient des Tests betrug  $\alpha = 0,72$ . Die mittlere Aufgabenschwierigkeit lag bei 0,64 (Min = 0,18; Max = 0,89) und die Trennschärfe zwischen 0,04 und 0,40 ( $N = 1153$  Schüler; 47 Klassen). Der Test weist eine gute Homogenität auf und ist, trotz der verbesserungswürdigen Trennschärfe einiger Items, für die Untersuchung geeignet.

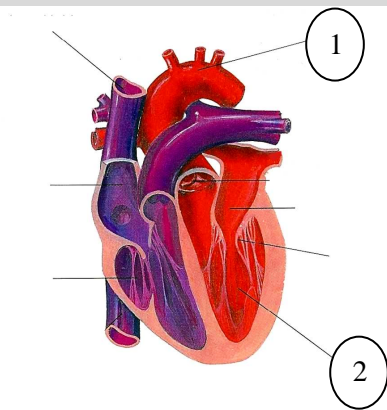
**Welche Aussage zur Lungenarterie ist richtig?**

- A Sie führt Blut von der Lunge zum Herzen.
- B Sie führt sauerstoffreiches Blut.
- C Sie geht von der rechten Herzhälfte aus.
- D Sie versorgt die Lunge mit Sauerstoff.

**Wie heißt der flüssige Bestandteil des Blutes? (ein Wort)**

\_\_\_\_\_

**Beschrifte die Teile des Herzens, die mit einer Zahl gekennzeichnet sind!**



1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

**Welcher Begriff passt nicht zum Thema Blut?**

- A Nährstofftransport
- B Wärmeregulation
- C Verdauung von Nahrung
- D Transport von Stoffwechselprodukten.

**Die Aufgabe der Blutplättchen ist...**

- A bei der Blutgerinnung mitzuwirken.
- B Sauerstoff zu transportieren.
- C Abwehrstoffe zu bilden.
- D körperfremde Stoffe zu erkennen.

**Abb. 5: Beispielaufgaben aus dem Leistungstest zur Erfassung des Wissenszuwachses.**

#### **4.3.4 Begriffsnetze zur Erfassung deklarativer Wissensstrukturen**

##### **4.3.4.1 Entwicklung und Evaluation des eingesetzten Begriffsnetzverfahrens**

Die Wissensstruktur der Schüler wurde mit einem Begriffsnetz in einem halboffenen Papier-Bleistift Verfahren erhoben. Den Schülern wurden 15 zentrale Begriffe aus der Humanbiologie vorgegeben. Zusammenhänge zwischen den einzelnen Begriffen waren in Form von Relationen von den Schülern selbst zu generieren. Auf eine Vorgabe von Relationen wurde ausdrücklich verzichtet, da sich die Leistung des Schülers im Hinblick auf sein deklaratives Strukturwissen insbesondere in der eigenständigen Generierung von Relationen zeigen sollte und deren inhaltliche Bewertung ein wichtiges Qualitätsmerkmal darstellt.

Die Auswahl der Begriffe erfolgte curricularorientiert nach Analyse der in NRW verwendeten Schulbücher und gemäß des Lehrplans der Jahrgangsstufe 9 an Gymnasien. Die Begriffe umfassten die Themengebiete Blut und Blutkreislauf sowie die Bereiche Bewegung, Atmung, Verdauung/ Energie und Immunsystem, so dass nicht nur Verknüpfungen innerhalb des Themas der videografierten Unterrichtseinheit Blut und Blutkreislauf, sondern auch Beziehungen zu inhaltlich mit diesem in Verbindung stehenden Bereichen hergestellt werden konnten. Zudem wurden sowohl alltagsnahe als auch fachwissenschaftliche Begriffe angeboten. Alltagsnahe Begriffe sollten auch leistungsschwächeren Schülern die Möglichkeit geben, ihr Wissen einzubringen, während durch fachwissenschaftlich abstrakte Begriffe eine Differenzierung leistungsstarker Schüler ermöglicht werden sollte. Es wurde, aufgrund der an sich komplexen und stark vernetzten Inhaltsstruktur der gewählten Themengebiete und der zu messenden Leistung, die Erstellung netzwerkartiger Begriffsnetze angeregt.

Das Begriffsnetzverfahren wurde in einer Pilotstudie mit 46 Schülern getestet. Die Schüler hatten weder mit der Methode noch mit dem Inhalt oder der Anzahl der Begriffe Schwierigkeiten. Im Mittel wurden 14 der 15 vorgegebenen Begriffe verwendet ( $SD = 0,8$ ) und 16 Relationen erstellt ( $SD = 2,9$ ). Inhalt und Anzahl der Begriffe wurden daher für die Hauptstudie als geeignet angesehen.

#### 4.3.4.2 Einsatz der Begriffsnetze

Am Ende des Schuljahres erhielten die Schüler einen Briefumschlag mit 15 Begriffen aus den oben genannten Themenbereichen (Liste).

**Liste der 15 vorgegebenen Begriffe für die Erstellung eines Begriffsnetzes.**

|                |                      |                    |
|----------------|----------------------|--------------------|
| 1. Herz        | 6. Kreislauf         | 11. Blutkörperchen |
| 2. Blutgruppen | 7. Nährstoffe        | 12. Sauerstoff     |
| 3. Zellatmung  | 8. Krankheitserreger | 13. Arterie        |
| 4. Blut        | 9. Blutspende        | 14. Energie        |
| 5. Muskeln     | 10. Bewegung         | 15. Blutdruck      |

Sie wurden aufgefordert, die einzelnen Begriffe (gedruckt auf selbstklebenden Etiketten) auf einem DIN A3 Papier selbstständig anzuordnen, aufzukleben und durch individuell erstellte Relationen zu einem möglichst stark verzweigten Netz miteinander zu verknüpfen. Um die Auswertung nicht unnötig zu erschweren und sie vergleichbar zu machen, war es ihnen nicht erlaubt, eigene Begriffe hinzuzufügen. Die Schüler erhielten eine mündliche Instruktion und eine schriftliche Anleitung mit Beispielen (Anhang C); zudem wurde ihnen ein Begriffsnetz zu einem anderen Themengebiet als Beispiel gezeigt. Es konnten in 40 Klassen Begriffsnetze gewonnen werden.

#### 4.3.4.3 Auswertung der Begriffsnetze

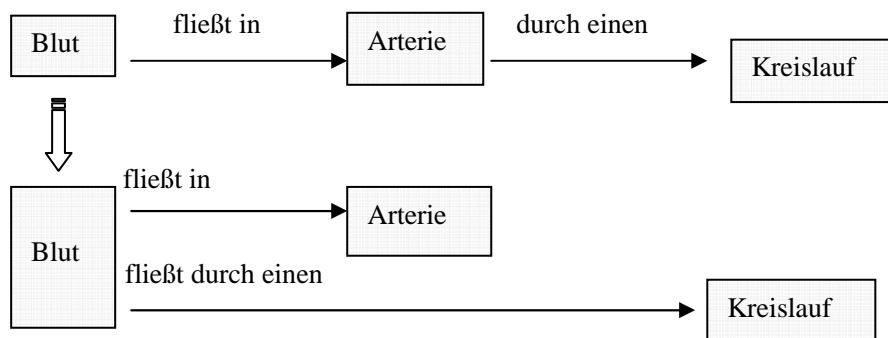
Die von den Schülern erstellten Begriffsnetze wurden mittels grafentheoretischer Vernetzungsmaße ausgewertet (vgl. z.B. Bonato, 1990; Friege & Lind, 2000). Die generierten Relationen wurden darüber hinaus nach ihrer fachlichen Richtigkeit und ihrem Fachgehalt bewertet (vgl. z.B. Osmundson et al., 1999; Kinchin & Hay, 2000; Ruiz-Primo, 2000; Stoddart et al., 2000; Ruiz-Primo et al., 2001; Friege & Lind, 2004; Tab. 3). Dies erfolgte auf Grundlage eines für diesen Zweck entwickelten Kategoriensystems (Anhang D).

**Tab. 3: Beschreibung und Auswertung der Begriffsnetzparameter.**

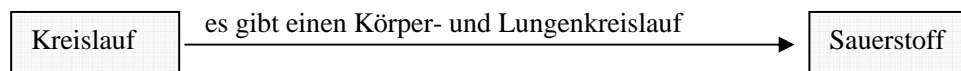
| <b>Begriffsnetzparameter</b>   | <b>Auswertung</b>  |
|--|--|
| <b>Begriff</b><br>Ein Begriff stellt ein zentrales Konzept eines Themengebiets dar.  | <b>Identifikation</b><br><b>Anzahl</b> (in die Zählung gingen ausschließlich Begriffe ein, die durch eine Relation miteinander verbunden worden waren)<br><b>Verknüpfungsgrad (Begriffsgrad)</b><br>Der Verknüpfungsgrad ist definiert als die Anzahl der zu einem Begriff hin- und wegführenden Relationen. |
| <b>Relation</b><br>Eine Relation spezifiziert den Zusammenhang zwischen zwei Begriffen.  | <b>Anzahl gesamt</b><br><b>inhaltliche Bewertung</b><br>Die Relationen wurden bewertet nach<br>a) ihrer fachlichen Korrektheit (falsch, ungenau oder richtig) und<br>b) ihrem Fachgehalt (niedrig, mittel oder hoch).<br><b>Anzahl</b>   |
| <b>Salience</b>  | Quotient aus der Anzahl richtiger Relationen und der Anzahl aller Relationen eines Begriffsnetzes.   |
| <b>Quervernetzung</b><br>Relation zwischen einem Begriff aus dem Themenbereich Blut & Blutkreislauf und einem Begriff aus dem Themengebiet Atmung, Bewegung, Verdauung/ Energie oder Immunsystem. Sie ist ein Index für die Integration der unterschiedlichen Themenbereiche und den Umfang der Wissensstruktur. | <b>Anzahl</b>  |
| <b>Dichte</b><br>Index für die Komplexität eines Begriffsnetzes  | Quotient aus der Anzahl aller Relationen und der Anzahl verwendeter Begriffe eines Begriffsnetzes.   |
| <b>Dichte<sub>kor</sub> (korrekte Dichte)</b><br>Index für die Komplexität und Qualität eines Begriffsnetzes   | Quotient aus der Anzahl korrekter Relationen und der Anzahl verwendeter Begriffe eines Begriffsnetzes.   |
| <b>Struktur</b>  | <b>netzartig</b><br>mehr als einen Begriff mit einem Grad von $\geq 4$<br><b>baumartig</b><br>ein Begriff mit einem Grad von $\geq 4$<br><b>kettenartig</b><br>mindestens ein Begriff mit einem Grad von 3<br><b>linienartig</b><br>Begriff mit einem Grad $\leq 2$  |
| <b>Netz</b><br>Ein Netz stellt eine in sich geschlossene Gesamtheit von Begriffen dar, die durch Relationen miteinander verknüpft sind.  | <b>Anzahl</b>  |

Bei der Bewertung der Relationen war die Richtung des Pfeils nicht von Bedeutung, da das Hauptaugenmerk der Untersuchung auf der abzubildenden Wissensstruktur der Schüler und nicht auf der Überprüfung der exakten Anwendung der Begriffsnetzmethode lag. Die Nutzung von Pfeilen hatte die Funktion den Schüler anzuregen, die Beziehung der Begriffe zueinander möglichst präzise zu beschreiben (vgl. Friege & Lind, 2000). Drückte der Schüler jedoch - bewirkt durch die Richtung des Pfeils - einen falschen Sachverhalt aus, so wurde die Relation als falsch gewertet.

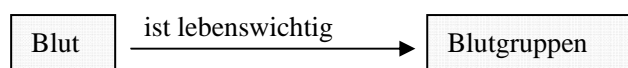
Mit verschachtelten Propositionen, d.h. miteinander verknüpften Begriffen, die nur in Kombination einen Sinn ergaben, wurde folgendermaßen verfahren:



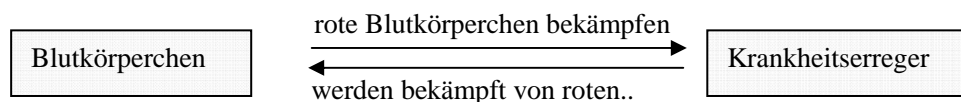
In seltenen Fällen wurden vom Schüler zwei Begriffe verbunden, diese jedoch in keinen Zusammenhang zueinander gebracht. Diese Relationen wurden nicht gewertet:



oder:



Enthielten zwei Pfeile zwischen gleichen Begriffen denselben Inhalt wurde nur ein Pfeil gewertet:



Um eine möglichst reliable Kodierung zu erreichen, wurden für die Auswertung der Begriffsnetze zwei Kodierer, die sich im Hauptstudium des Lehramts mit dem Fach Biologie befanden, geschult. Die Beurteilerübereinstimmung zwischen den Kodierern basiert auf der Auswertung von 77 Begriffsnetzen (1281 Relationen) von drei Klassen. Die Übereinstimmung kann als gut bis sehr gut angesehen werden (Tab. 4).

**Tab. 4: Beurteilerübereinstimmung in der Auswertung der Begriffsnetze.** Cohens  $\kappa$  bezeichnet die Übereinstimmung im Kappa-Koeffizienten nach Cohen, PÜ die prozentuale Übereinstimmung.

| Begriffsnetzparameter                | Cohens $\kappa$ | PÜ   |
|--------------------------------------|-----------------|------|
| Anzahl Relationen                    | 0,93            | 95,7 |
| fachliche Korrektheit der Relationen | 0,61            | 75,1 |
| Fachgehalt der Relationen            | 0,73            | 88,2 |
| Anzahl verwendeter Begriffe          | 1,00            | 100  |
| Anzahl Netze                         | 1,00            | 100  |

#### 4.3.5 Fragebogen zur Erfassung der Lernmotivation

Die Lernmotivation der Schüler wurde mit einem erprobten Fragebogen (Wild et al., 2001; Anhang A) aus der BiQua Studie (Bildungsqualität) erhoben, der für den Biologieunterricht adaptiert wurde. Er umfasste die sechs Skalen Fachinteresse, Interesse auf Verhaltensebene, intrinsische und extrinsische Motivation, Anstrengungsbereitschaft und Abneigung, die aus insgesamt 34 Items bestanden (Tab. 5). Die Items waren auf einer 4-stufigen Likert-Skala zu beantworten, die von „stimmt nicht“ (0) bis „stimmt genau“ (+ 3) reichte. Der adaptierte Fragebogen wurde in einer Pilotstudie in drei Klassen hinsichtlich seiner Reliabilität überprüft (N = 64). Dies erfolgte mit dem Alpha-Koeffizienten nach Cronbach, ein Maß zur Bestimmung der internen Konsistenz von Skalen, welche auf der durchschnittlichen Inter-Item-Korrelation beruht (Amelang & Zielinski, 2002, 191). Die Skalen des adaptierten Fragebogens zeigten eine zufriedenstellende bis gute Reliabilität zwischen 0,54 und 0,89 (Tab. 5) mit Trennschärfen zwischen 0,28 und 0,78.

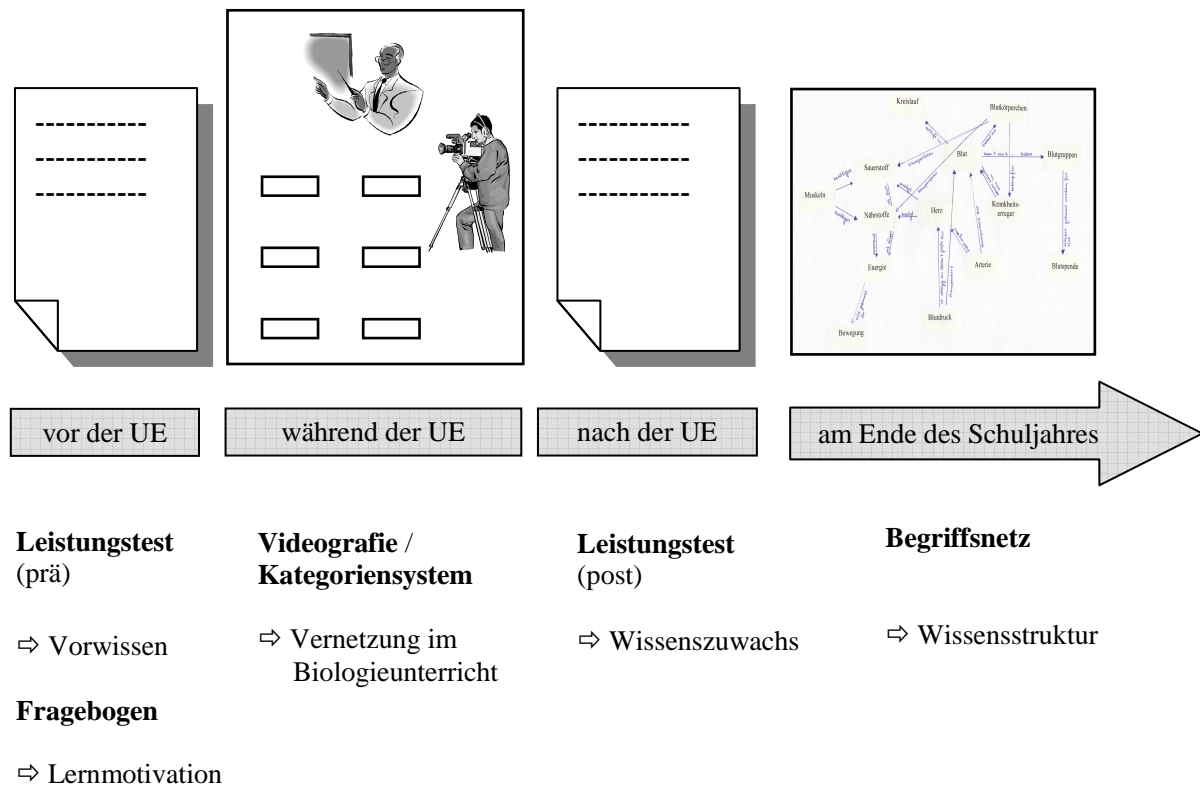
**Tab. 5: Skalen, Itemanzahl, Beispielitems und Reliabilität des adaptierten BiQua Fragebogens.**

| Skala  | Item-<br>anzahl | Beispielitems   | Cronbachs<br>Alpha |
|--|-----------------|---|--------------------|
| <b>Fachinteresse</b>                           | 3               | Warum strengst du dich im Biologieunterricht an?<br>- <i>weil mir der Biologieunterricht Spaß macht.</i><br>- <i>Biologie gehört zu meinen Lieblingsfächern</i>   | 0,89               |
| <b>Interesse<br/>auf Verhaltens-<br/>ebene</b> | 3               | - <i>Ich mache für Biologie mehr als ich muss.</i><br>- <i>Nach der Schule beschäftige ich mich mit Tieren und Pflanzen.</i>  | 0,56               |
| <b>intrinsische<br/>Motivation</b>             | 7               | Warum strengst du dich im Biologieunterricht an?<br>- <i>weil ich den Stoff verstehen möchte.</i><br>- <i>weil die Beschäftigung mit biologischen Themen und Gegenständen für mich wichtig ist, unabhängig von Schule und anderen Personen.</i> | 0,83               |
| <b>extrinsische<br/>Motivation</b>             | 9               | Warum strengst du dich im Biologieunterricht an?<br>- <i>weil ich möchte, dass mein Biologielehrer mit mir zufrieden ist.</i><br>- <i>weil von mir erwartet wird, dass ich mich im Unterricht anstrengende.</i>                                 | 0,54               |
| <b>Anstrengungs-<br/>bereitschaft</b>          | 5               | - <i>Im Biologieunterricht gebe ich mir Mühe, alles zu verstehen.</i><br>- <i>Wenn wir einen Biologietest schreiben, strenge ich mich immer sehr an.</i>  | 0,81               |
| <b>Abneigung</b>                               | 7               | - <i>Oft habe ich keine Lust auf den Biologieunterricht.</i><br>- <i>Was wir im Biologieunterricht machen, interessiert mich nicht.</i>   | 0,89               |

#### 4.4 Durchführung

Die Hauptuntersuchung erstreckte sich von Januar bis Juli 2005. Die Testzeit umfasste insgesamt vier Unterrichtsstunden pro Klasse innerhalb der regulären Unterrichtszeit (Abb. 6). Sämtliche Erhebungen wurden selbst und mit Hilfe von geschulten studentischen Hilfskräften durchgeführt. Das Vorgehen erfolgte bei allen Messinstrumenten nach einer einheitlichen Prozedur gemäß einer schriftlichen Anweisung, um eine möglichst objektive Testdurchführung sicherzustellen.

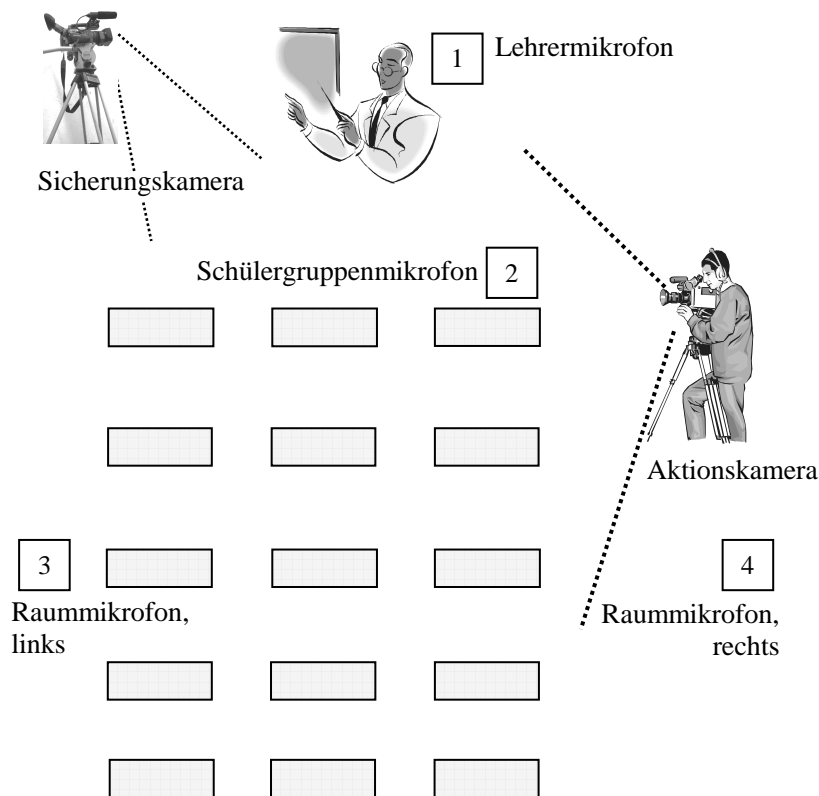




**Abb. 6: Ablauf der Datenerhebung.** Vor der Unterrichtseinheit (UE) Blut und Blutkreislauf wurde ein Leistungstest zum Vorwissen über das Thema und ein Fragebogen zur Erfassung der Lernmotivation eingesetzt. Innerhalb der Unterrichtseinheit wurde eine Unterrichtsstunde videografiert. Zwei Wochen nach der Unterrichtseinheit wurde zur Überprüfung des Wissenszuwachses der Leistungstest erneut eingesetzt. Die Wissensstruktur wurde am Ende des Schuljahres mit einem Begriffsnetz erhoben.

Zu Beginn der Datenerhebung wurde die Lernmotivation und das Vorwissen der Schüler zum Themenbereich Blut und Blutkreislauf erhoben (Mitte Januar - Anfang März 2005). Von Ende Januar bis Mitte April 2005 wurde pro Klasse je eine Unterrichtsstunde nach festgelegten Richtlinien videografiert (vgl. Stigler et al., 1999, Seidel, 2003). Den Biologielehrern wurden keinerlei Vorgaben zur Durchführung ihres Unterrichts gemacht; sie wurden vielmehr gebeten, eine möglichst typische Stunde zu halten. Eine Eingrenzung bestand lediglich darin, dass die gefilmte Unterrichtsstunde innerhalb der Unterrichtseinheit Blut und Blutkreislauf stattfinden musste. Dieses Vorgehen war notwendig, damit Video- und Leistungsdaten in einen Zusammenhang gebracht und eine Vergleichbarkeit der Klassen gewährleistet werden konnte. Arbeitsblätter, die während des Unterrichts an die Schüler ausgeteilt worden sind oder Texte aus dem Schulbuch wurden nach der Stunde mitgenommen und ebenfalls anhand des Kategoriensystems ausgewertet.

Zur Aufnahme des Biologieunterrichts wurden zwei Kameras eingesetzt (Abb. 7). Eine Kamera wurde aktiv geführt und verfolgte den Lehrer und seine Interaktion mit den Schülern (Aktionskamera). Eine zweite Kamera diente zur Sicherung der aufgenommenen Daten (Sicherungskamera). Sie nahm die Klasse frontal auf und wurde nicht bewegt.



**Abb. 7: Platzierung der Video- und Tontechnik im Klassenraum.** Es wurden zwei Kameras (Aktions- und Sicherungskamera) und vier Funkmikrofone (mit 1 bis 4 gekennzeichnet) eingesetzt.

Es wurden vier Funkmikrofone verwendet. Das Schülergruppen-Mikrofon kam zum Einsatz, wenn Schüler Aufgaben in Gruppen- oder Partnerarbeit bearbeiteten. Die vier Tonspuren wurden mit Hilfe des Computerprogramms Cubase aufgezeichnet. Bild und Ton wurden nach der Aufnahme auf einem Laptop gespeichert. Für die weitere Analyse wurde das Video digitalisiert, konvertiert und mit den vier Tonspuren gekoppelt. Die eingesetzte Technik garantierte eine nahezu perfekte Bild- und Tonaufzeichnung.

Zwei Wochen nach Abschluss der Unterrichtseinheit wurde der Wissenszuwachs der Schüler zum Thema Blut und Blutkreislauf ermittelt.

Um zu überprüfen, inwieweit die Schüler Begriffe zum Thema Blut und Blutkreislauf mit Begriffen aus den übrigen unterrichteten Themengebieten der Jahrgangsstufe 9 verknüpfen

und Zusammenhänge herstellen können, wurde ihre Wissensstruktur am Ende des Schuljahres erfasst (Anfang Mai - Anfang Juli 2005).

## 4.5 Statistische Methoden

Die Berechnungen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS und dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Office Excel durchgeführt.

Die Berechnung der Beobachterübereinstimmung der Videokodierung und der Begriffsnetzauswertung erfolgte anhand des Kappa-Koeffizienten ( $\kappa$ ) nach Cohen und der prozentualen Übereinstimmung der Kodierer. Der Kappa-Koeffizient leitet sich von der prozentualen Übereinstimmung ab, berücksichtigt aber das Verhältnis der beobachteten zu der bei Zufall erwarteten Übereinstimmung. Er wird für nominale Daten verwendet, ist aber auch für höhere Skalenniveaus anwendbar und kann einen Wert zwischen 1 und -1 annehmen. Allgemein gelten folgende Richtwerte (Wirtz & Caspar, 2002):

| <b>Cohens <math>\kappa</math></b> | <b>Beobachterübereinstimmung</b>                               |
|-----------------------------------|--|
| größer 0,75                       | sehr gut   |
| zwischen 0,60 und 0,75            | gut  |
| zwischen 0,40 und 0,60            | (noch) akzeptabel (abhängig von Konstrukt und Forschungsstand) |

Bei Nichtzustandekommen einer symmetrischen Kreuztabelle zur Berechnung von Cohens Kappa wurde der Umfang der doppelt kodierten Intervalle vergrößert. Bei Berechnung der Beobachterübereinstimmung hinsichtlich innerbiologischer Vernetzung wurden, bei einigen relativ selten auftretenden Variablen (Tab. 2), jeweils zwei Kennwerte, i.e. die Auftretens- und die Nichtauftretensübereinstimmung, ermittelt (vgl. Rost, 2005, 59). Bei Berechnung der Auftretensübereinstimmung wird vernachlässigt, dass die Kodierer ein Nichtauftreten von Variablen erkannten, was eine Unterschätzung der Beobachterübereinstimmung zur Folge hat. Die Nichtauftretensübereinstimmung hingegen stellt eine Überschätzung der Beobachterübereinstimmung dar.

Die Beschreibung von Biologieunterricht hinsichtlich seiner inhaltlichen Vernetzung (Forschungsfrage 1) wurde mittels Häufigkeitsanalysen und Maßen der zentralen Tendenz durchgeführt. Bei der Kodierung des Unterrichts wurde jedes 10 Sekundenintervall entschieden, ob eine oder mehrere Variablen des Kategoriensystems auftraten. Da es sich hier somit um einzelne Ereignisse handelte, sollte die im Ergebnisteil aufgeführten Zeit in Minuten als eine Annäherung gewertet werden.

Die Lernleistung der Schüler im Leistungstest und im Begriffsnetz wurde ebenfalls mittels Häufigkeitsanalysen und Maßen der zentralen Tendenz ermittelt.

Zusammenhänge wurden über bivariate Korrelationen berechnet. Bei metrischen Daten wurde der Pearson-, bei ordinalen Daten der Spearman-Korrelationskoeffizient verwendet. Bei gerichteten Hypothesen wurde die Korrelation einseitig auf Signifikanz getestet (Forschungsfrage 3). Korrelationen geben Aufschluss über die Stärke und Richtung eines Zusammenhangs zwischen zwei Variablen. Die Stärke des Zusammenhangs wird über die Höhe des Koeffizienten angezeigt, der einen Wert zwischen -1 und 1 annehmen kann. Ein positiver Wert bedeutet eine positive, ein negativer Wert eine negative Beziehung zwischen zwei Variablen. Korrelationen spiegeln nicht zwangsweise Kausalitäten wider und dürfen dahingehend nicht interpretiert werden.

#### **4.5.1 Identifikation von Klassen mit einem hohen und einem niedrigem Vernetzungsniveau im Biologieunterricht**

Bevor die Bedeutung des Vernetzungsniveaus auf die Lernleistung untersucht werden konnte, mussten Klassen mit einem hohen und einem niedrigen Vernetzungsniveau im Biologieunterricht identifiziert werden. Unterricht kann, in Anlehnung an den kommunikationstheoretischen Ansatz von Watzlawick et al. (1969), als ein komplexes, in Wechselwirkung und Abhängigkeiten stehendes Kommunikationssystem aus Lehrer- und Schüleräußerungen betrachtet werden. Werden unterrichtliche Lehr-Lernprozesse anhand von Bewertungen verbaler fachlicher Äußerungen untersucht, ist somit eine gemeinsame Betrachtung und Analyse von Lehrer- und Schüleräußerungen notwendig (vgl. Brunner & Huber, 1991). Für die Identifikation hoch und niedrig vernetzender Klassen (jeweils 10 Klassen) wurden daher sowohl Lehrer- als Schüleräußerungen herangezogen.

Um metrische Rechenoperationen durchführen zu können und die Reliabilität der Extremgruppenbildung zu erhöhen, wurden die sechs Niveaustufen zu zwei Niveaustufen, *Fakten* (Niveaustufen I und II) und *Zusammenhänge* (Niveaustufen III bis VI) zusammengefasst und ihr Anteil an den fachlichen Gesamtäußerungen des Unterrichts nach folgender Formel ermittelt:

$$\frac{(Vn_1 * 1 + Vn_2 * 1 + Vn_3 * 2 + Vn_4 * 2 + Vn_5 * 2 + Vn_6 * 2)}{(Vn_1 + Vn_2 + Vn_3 + Vn_4 + Vn_5 + Vn_6)} = X$$

wobei gilt:

|          |  |
|----------|--|
| $Vn_X$ , | mit $1 \leq X \leq 6$  |
| $X$      | Gesamtvernetzungs niveau des Biologieunterrichts<br>(kann Werte zwischen 1 und 2 annehmen) |

Für die Identifikation wurden nur diejenigen Klassen berücksichtigt, deren fachliche Gesamtredezeit im Unterricht eine Dauer von 48 Intervallen (8 Minuten) nicht unterschritt, so dass 47 der 49 Klassen einbezogen werden konnten.

#### **4.5.2 Unterschiedsanalysen zwischen Klassen mit einem hohen und einem niedrigem Vernetzungsniveau im Biologieunterricht**

Der Wissenszuwachs im Leistungstest wurde über Residuen berechnet. Das Regressionsresiduum gibt die Abweichung der tatsächlich erreichten Leistung im Posttest von der, anhand des Ergebnisses im Prätest, geschätzten Leistung an. Dadurch werden Klassen mit einem hohen Vorwissen gegenüber Klassen mit einem geringem Vorwissen bei Ermittlung des Wissenszuwachses nicht benachteiligt, da bei diesen Klassen, aufgrund ihres geringeren Vorwissens, eine größere Steigerung des Wissenszuwachses möglich gewesen wäre. Das Residuum gibt die Varianz im Nachtest an, die nicht durch das Vorwissen im Vortest erklärt werden konnte, d.h. die vorwissensbereinigte Posttestvarianz und zeigt damit den Effekt der Intervention (hier der Unterricht in den hoch und niedrig vernetzenden Klassen) an.

Zur Überprüfung der Hypothesen 2.1, 2.2a und 2.2b wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben angewendet. Zuvor wurden diesbezüglich zu erfüllende Voraussetzungen wie Unabhängigkeit der Beobachtungen, Normalverteilung und Homogenität der Varianzen überprüft. Der t-Test wurde einseitig durchgeführt, da es sich um gerichtete Hypothesen handelte. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p \leq 0,05$  festgelegt. Bei ungerichteten Hypothesen und explorativen Analysen wurde ein zweiseitiger t-Test angewandt. Bei nicht normalverteilten Daten wurde statt des t-Tests der nicht-parametrische Mann-Whitney-U Test verwendet. Die Unterschiedsanalysen wurden auf Klassenebene durchgeführt.

Auf dem 5 %- Niveau signifikante Ergebnisse wurden mit einem Sternchen, auf dem 1 %- Niveau signifikante mit zwei und auf dem 0,1 %-Niveau signifikante Ergebnisse mit drei Sternchen gekennzeichnet. Da die Erreichung eines signifikanten Ergebnisses von der

Stichprobengröße abhängig ist, wurde, um die Bedeutsamkeit von Effekten einzuschätzen, die Effektstärke Cohens  $d$  für Mittelwertsunterschiede berechnet. Bei nicht signifikanten Befunden wurde keine Effektstärke berechnet.

Eine einfaktorielle Kovarianzanalyse (ANCOVA) wurde in einer weiteren Analyse genutzt, um die Bedeutung des Vernetzungsniveaus im Unterricht für die Lernleistung auch nach Berücksichtigung möglicher motivationaler Einflussvariablen zu überprüfen. Vor Anwendung der ANCOVA wurden diesbezügliche Voraussetzungen, wie Unabhängigkeit der Beobachtungen, Normalverteilung, Homogenität der Varianzen, Korrelation der Kovariaten mit der abhängigen Variablen, Unabhängigkeit der Kovariaten untereinander und die Homogenität der Regressionssteigung überprüft. Soweit nicht anders angegeben waren diese erfüllt.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Beschreibung des Biologieunterrichts

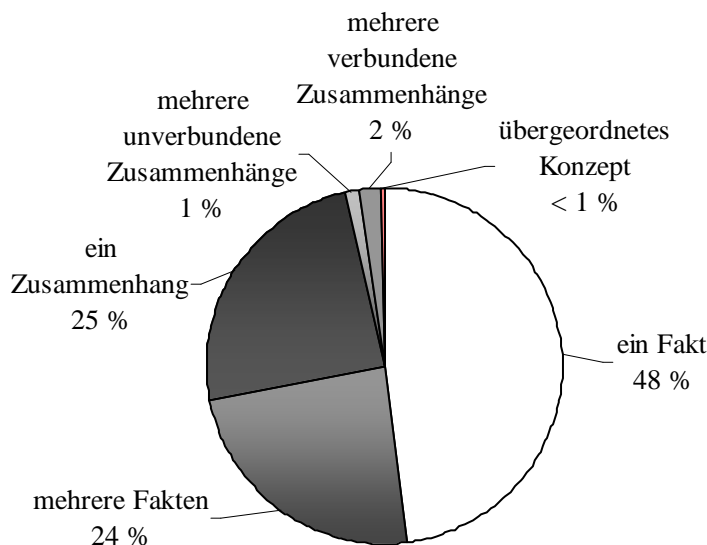
#### 5.1.1 Häufigkeit von Vernetzung im Biologieunterricht

Die Beschreibung des Biologieunterrichts hinsichtlich seiner Vernetzung basiert auf einer Gesamtstichprobe von 47 Klassen. Zunächst werden die deskriptiven Befunde zur vertikalen Vernetzung vorgestellt (Abschnitt 4.3.2.2). Darauf folgen die Ergebnisse zur innerbiologischen Vernetzung (Abschnitt 4.3.2.3).

##### 5.1.1.1 Vertikale Vernetzung im Biologieunterricht

Insgesamt wurden im videografierten Biologieunterricht in 5536 Intervallen fachliche Äußerungen kodiert. Dies sind im Mittel 118 Intervalle pro Klasse, was einem zeitlichen Anteil von etwa 20 Minuten pro Unterrichtsstunde und Klasse entspricht. Lehreräußerungen hatten einen prozentualen Anteil von 52 % an den Gesamtäußerungen, während 48 % der Äußerungen von den Schülern gemacht wurden. In 48 % seiner Äußerungen machte der Lehrer eine Aussage, in 52 % stellte er Fragen. Bei den Schüleräußerungen machten Aussagen 95 % der kodierten Intervalle aus. In lediglich 5 % ihrer Äußerungen stellten sie Fragen.

Sowohl Lehrer- als auch Schüleräußerungen wurden hinsichtlich ihres Vernetzungsniveaus analysiert. Das Vernetzungsniveau, das im Biologieunterricht erreicht worden ist, ist vornehmlich auf den Niveaustufen *ein Fakt* bzw. *mehrere Fakten* einzuordnen. Zusammengenommen machen diese beiden unteren Niveaustufen 72 % der fachlichen Gesamtäußerungen aus (Abb. 8). Bezogen auf die einzelne Klasse wurden im Mittel 85 Mal *einzelne* oder *mehrere Fakten* geäußert, was einer Unterrichtszeit von etwa 14 Minuten pro Klasse entspricht.

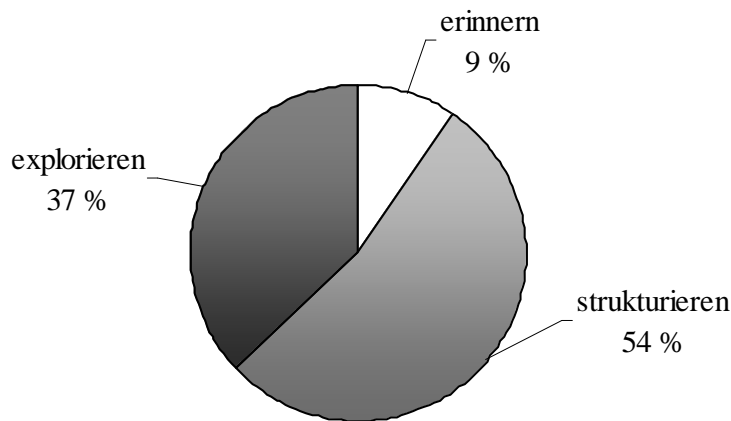


**Abb. 8: Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Vernetzungsniveau* im Biologieunterricht (N = 47).**

Die Niveaustufe *ein Zusammenhang* wurde im Unterricht in 25 % der Äußerungen erreicht (im Mittel 29 Mal bzw. knapp 5 Minuten pro Unterrichtsstunde und Klasse), während *unverbundene Zusammenhänge* zu etwa 1 % geäußert wurden (im Mittel 2 Mal pro Unterrichtsstunde und Klasse). *Verbundene Zusammenhänge* machten 2 % der Gesamtäußerungen aus (im Mittel 2 Mal bzw. 24 Sekunden pro Unterrichtsstunde und Klasse). *Übergeordnete Konzepte* wurden zu 0,2 % im Unterricht genutzt (im Mittel 0,2 Mal pro Unterrichtsstunde und Klasse).

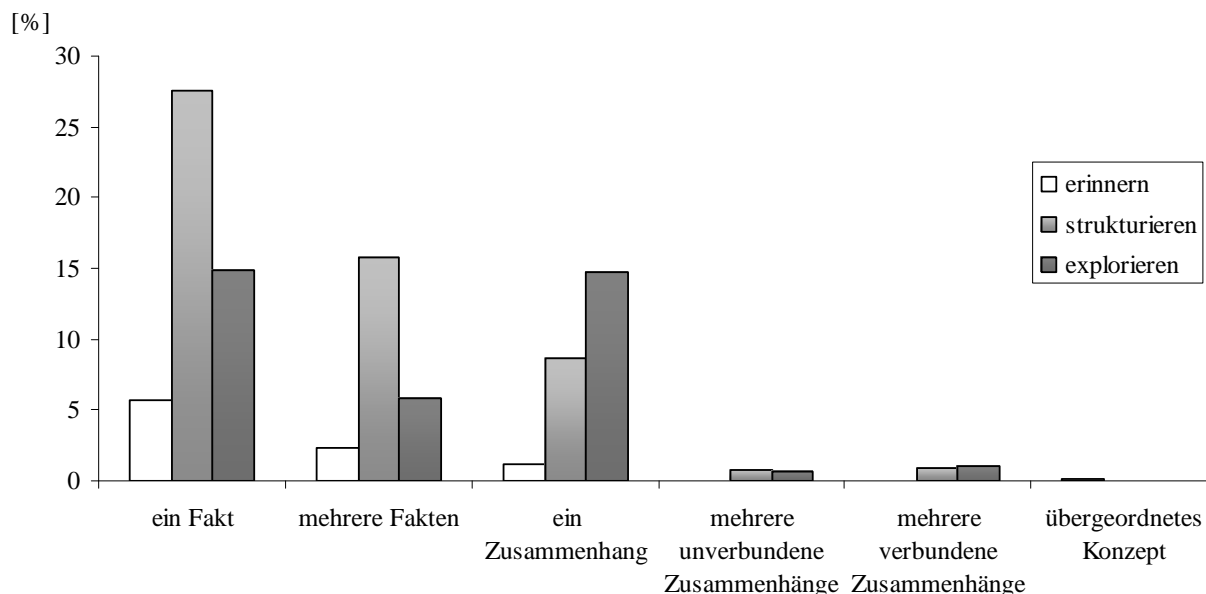
Weiterhin fand eine Kodierung der Äußerungen hinsichtlich der Vernetzungsaktivität statt. Die Kategorie *erinnern* machte mit etwa 9 % (im Mittel 11 Mal bzw. etwa 2 Minuten pro Unterrichtsstunde und Klasse) den geringsten Anteil an den fachlichen Gesamtäußerungen aus (Abb. 9). Am häufigsten wurden Lerninhalte *strukturiert* (54 %; im Mittel 63 Mal bzw. etwa 11 Minuten pro Unterrichtsstunde und Klasse), während in 37 % Wissen *exploriert* wurde (im Mittel 44 Mal bzw. 7 Minuten pro Unterrichtsstunde und Klasse).





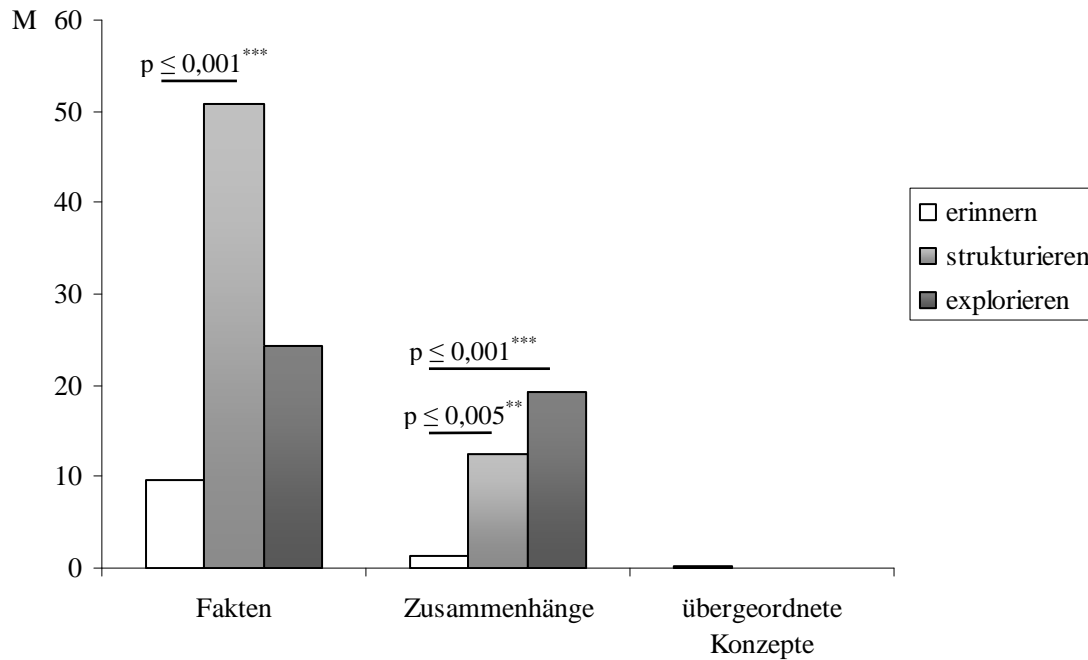
**Abb. 9: Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Vernetzungsaktivität* im Biologieunterricht (N = 47).**

Da das Vernetzungsniveau gemeinsam mit der Vernetzungsaktivität kodiert wurde, waren auch Untersuchungen zu den jeweiligen Kombinationen möglich. In Abbildung 10 ist grafisch dargestellt, wie sich in den Gesamtäußerungen die sechs Vernetzungsniveaus auf die drei Vernetzungsaktivitäten verteilen. Auffällig ist der hohe Anteil der Kombination *ein* bzw. *mehrere Fakten strukturieren* (etwa 43 %). Ähnlich verhält es sich mit der Kombination *ein* bzw. *mehrere Fakten erinnern*. Allerdings ist der Anteil dieser Kombination mit 8,1 % geringer. Die Vernetzungsaktivität *explorieren* erfolgte vornehmlich auf den Niveaustufen *ein Zusammenhang* (knapp 15 %) und *ein Fakt* (ebenfalls nahezu 15 %). Auf der Niveaustufe *verbundene Zusammenhänge* wurde entweder *exploriert* (etwa 1 %) oder *strukturiert* (1 %). Die Kombination der Vernetzungsaktivitäten *strukturieren* bzw. *explorieren* mit der Niveaustufe VI war mit einem Gesamtanteil von 0,2 % zu einem sehr geringen Anteil vertreten.



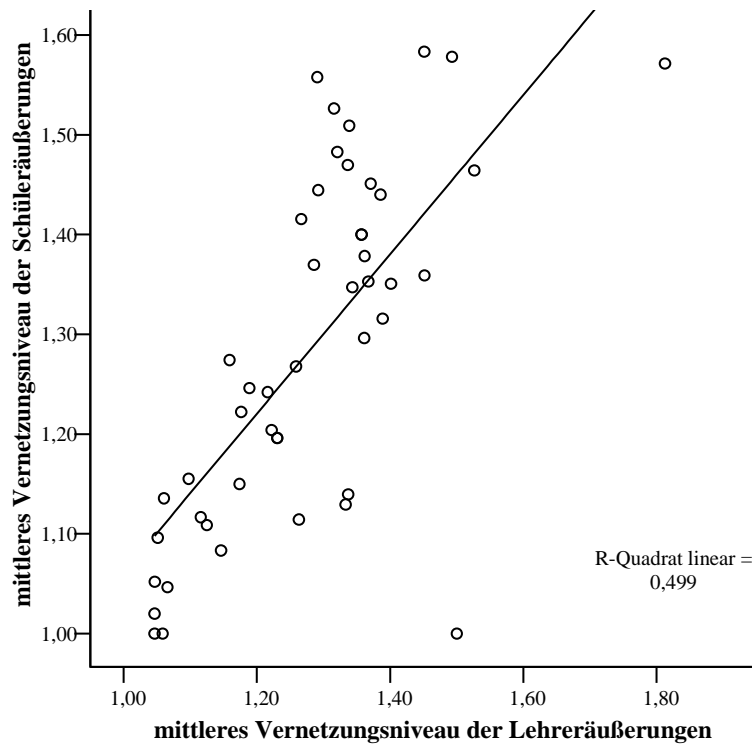
**Abb. 10: Prozentuale Verteilung der Vernetzungsaktivitäten auf die Vernetzungsniveaus im Biologieunterricht (N = 47).**

Mit dem Friedman-Test wurden zwischen den einzelnen Kombinationen multiple Vergleiche durchgeführt und auf Signifikanz getestet. Hierzu wurden, aufgrund einer zu geringen Zellbesetzung einzelner Kombinationen, die sechs Vernetzungsniveaus zu den Niveaustufen *Fakten*, *Zusammenhänge* und *übergeordnete Konzepte* zusammengefasst (Abb. 11). Schaich-Hamerle-Vergleiche zeigten, dass die Kombination *Fakten strukturieren* ( $M = 50,9$ ,  $SD = 26,1$ ,  $Min = 7$ ,  $Max = 137$ ) im Unterricht signifikant häufiger vorkam als die Kombination *Fakten erinnern* ( $M = 9,6$ ,  $SD = 10,9$ ,  $Min = 0$ ,  $Max = 52$ ;  $p \leq 0,001$ ). Zwischen den Kombinationen *Fakten strukturieren* und *Fakten explorieren* ( $M = 50,9$ ,  $SD = 26,1$ ,  $Min = 7$ ,  $Max = 137$  bzw.  $M = 24,2$ ,  $SD = 14,9$ ,  $Min = 3$ ,  $Max = 74$ ) war kein signifikanter Unterschied festzustellen ( $p > 0,05$ ). *Zusammenhänge* wurden signifikant häufiger *strukturiert* ( $M = 12,4$ ,  $SD = 12,3$ ,  $Min = 0$ ,  $Max = 55$ ) oder *exploriert* ( $M = 19,4$ ,  $SD = 15,3$ ,  $Min = 0$ ,  $Max = 55$ ) als *erinnert* ( $M = 1,4$ ,  $SD = 2,4$ ,  $Min = 0$ ,  $Max = 13$ ;  $p \leq 0,005$  bzw.  $p \leq 0,001$ ). Zwischen den Kombinationen *Zusammenhänge strukturieren* ( $M = 12,4$ ,  $SD = 12,3$ ,  $Min = 0$ ,  $Max = 55$ ) und *explorieren* ( $M = 19,4$ ,  $SD = 15,3$ ,  $Min = 0$ ,  $Max = 55$ ) sowie den Kombinationen *übergeordnete Konzepte erinnern*, *strukturieren* und *explorieren* ( $M = 0,1$ ,  $SD = 0,4$ ,  $Min = 0$ ,  $Max = 2$  bzw.  $M = 0,06$ ,  $SD = 0,2$ ,  $Min = 0$ ,  $Max = 1$  bzw.  $M = 0,02$ ,  $SD = 0,1$ ,  $Min = 0$ ,  $Max = 1$ ) waren keine signifikanten Unterschiede in der Häufigkeit vorhanden ( $p > 0,05$ ).



**Abb. 11:** Mittlere Häufigkeiten der Kombinationen aus den Vernetzungsniveaus *Fakten*, *Zusammenhänge* und *übergeordnete Konzepte* und den Vernetzungsaktivitäten *erinnern*, *strukturieren* und *explorieren* im Biologieunterricht (N = 47).

Zwischen dem Vernetzungsniveau der Lehrer- und dem Vernetzungsniveau der Schüleräußerungen ist eine hohe Korrelation von  $r = 0,71$  vorhanden ( $p \leq 0,001$ ,  $N = 47$ ; Abb. 12). Das Vernetzungsniveau wurde hier in zwei Niveaustufen, *Fakten* und *Zusammenhänge*, unterteilt (vgl. Abschnitt 4.5.1), um metrische Berechnungen durchführen zu können. Beim sechsstufigen Vernetzungsniveau ist ein ähnlich großer Zusammenhang zwischen dem Niveau der Lehrer- und Schüleräußerungen im Unterricht festzustellen ( $r = 0,76$ ,  $p \leq 0,001$ ,  $N = 47$ ).



**Abb. 12: Korrelation des Vernetzungsniveaus der Lehrer- und Schüleräußerungen im Biologieunterricht (N = 47).**

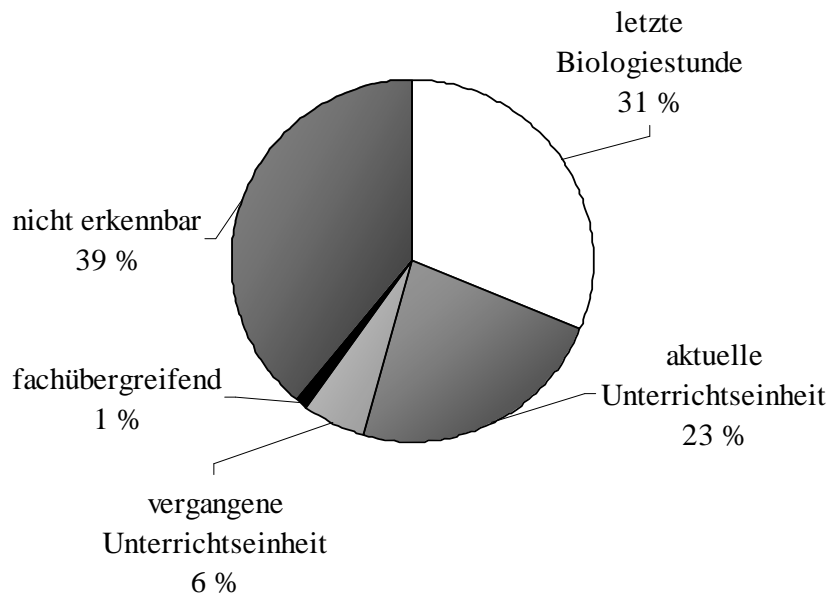
Dies lässt darauf schließen, dass das Niveau der Vernetzung zwischen dem Lehrer und seinen Schülern gut aufeinander abgestimmt ist.

#### **5.1.1.2 Innerbiologische Vernetzung im Biologieunterricht**

Zusätzlich zu Vernetzungsniveau und Vernetzungsaktivität wurden innerbiologische Aspekte der Vernetzung untersucht. Im Folgenden werden die deskriptiven Befunde der einzelnen Variablen dargestellt.

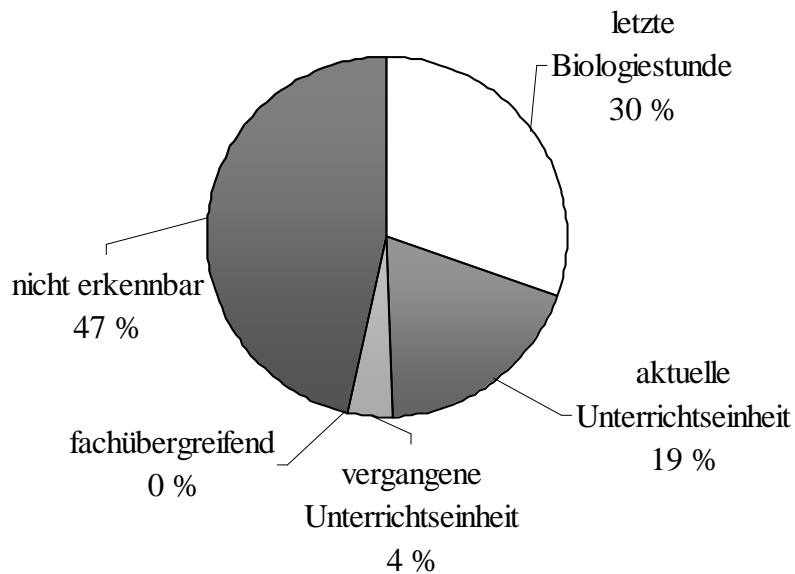
##### **Variable: Herkunft des fachlichen Vorwissens**

Der größte Anteil des vom Lehrer geforderten oder genannten Vorwissens (N = 245 Intervalle) stammte aus der *letzten Biologiestunde* (31 %) und der *aktuellen Unterrichtseinheit* (23 %). Lediglich in 6 % der hier kodierten Intervalle wurde fachliches Vorwissen aus einer *vergangenen Unterrichtseinheit* genannt oder gefordert. Vorwissen aus einem *anderen Unterrichtsfach* machte einen Prozent der hier kodierten Intervalle aus. In 39 % der kodierten Intervalle war die Herkunft des fachlichen Vorwissens nicht erkennbar (Abb. 13).



**Abb. 13: Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Herkunft des fachlichen Vorwissens* in den Lehreräußerungen im Biologieunterricht (N = 47).**

Auch die Schüler haben überwiegend Vorwissen (N = 273 Intervalle) aus der *letzten Biologiestunde* (30 %) oder der *aktuellen Unterrichtseinheit* abgerufen (etwa 19 %). Vorwissen aus einer *vergangenen Unterrichtseinheit* wurde zu 4,1 % geäußert, während Vorkenntnisse aus einem *anderen Fach* überhaupt nicht geäußert wurden. In nahezu 47 % der kodierten Intervalle konnte keine eindeutige Zuordnung der Herkunft des fachlichen Vorwissens getroffen werden (Abb. 14).



**Abb. 14: Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Herkunft des fachlichen Vorwissens* in den Schüleräußerungen im Biologieunterricht (N = 47).**

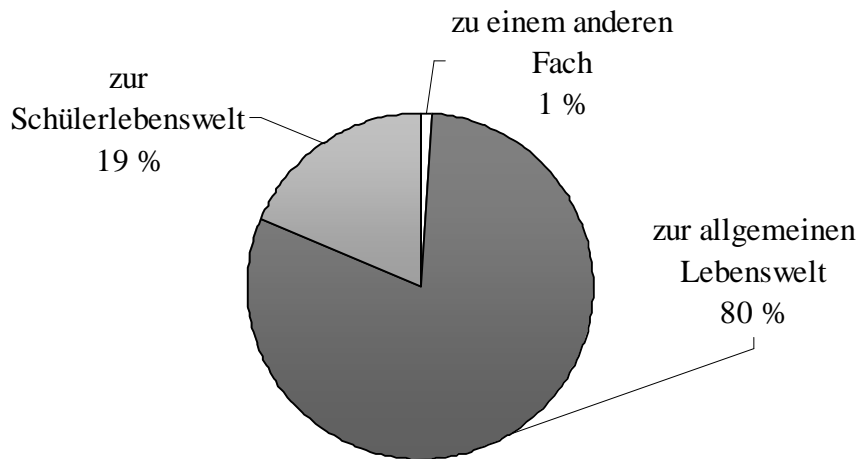
#### Variable: **Herstellen inhaltlicher Bezüge**

Inhaltliche Bezüge zu einem *vergangenen Unterrichtsinhalt* wurden lediglich von 23 der 47 Biologielehrer gefordert oder selbst hergestellt. Dies fand insgesamt 33 Mal statt (Min = 1, Max = 4), was bei 23 Klassen im Mittel fast 1,5 Mal pro Lehrer entspricht (weniger als 1 Mal pro Lehrer bei Einbezug der Gesamtstichprobe). In vier Intervallen hat der Lehrer inhaltliche Verweise zu einem *zukünftigen Lerninhalt* gemacht (N = 3 Klassen).

In 14 der 47 Klassen haben Schüler den aktuellen Lerninhalt mit einem früher erarbeiteten Unterrichtsinhalt verknüpft. Insgesamt stellten sie 32 Mal (Min = 1, Max = 6) einen *Bezug zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt* her. Dies entspricht bei 14 Klassen im Mittel etwa 2 Mal pro Klasse (weniger als 1 Mal pro Klasse bei Einbezug der Gesamtstichprobe).

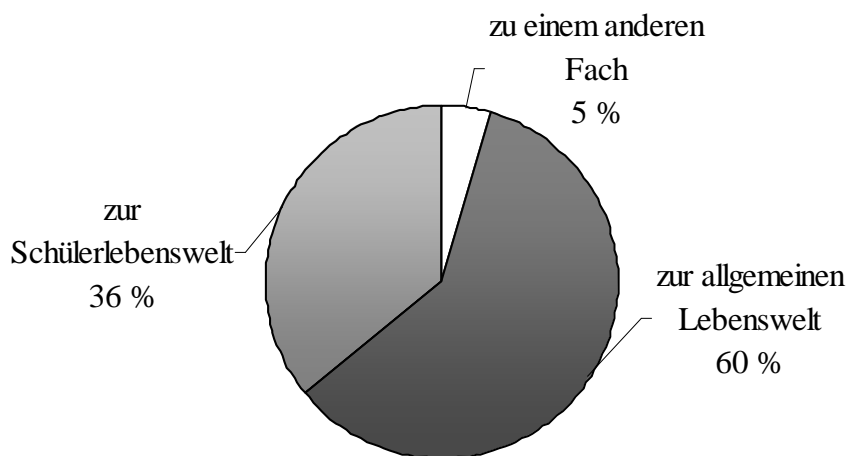
#### Variable: **Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen**

Insgesamt stellten die Lehrer in 162 Intervallen einen Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach her, was im Mittel etwa 3 Mal pro Klasse und Unterrichtsstunde entspricht. Am häufigsten wurde vom Lehrer ein *Bezug zur allgemeinen Lebenswelt* hergestellt (80 %). Bezüge zur *Schülerlebenswelt* wurden in 19 % der Intervalle gemacht. Selten kam es vor, dass ein *anderes Fach* in den Biologieunterricht einbezogen wurde (1 %; Abb. 15).



**Abb. 15:** Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen* in den Lehreräußerungen im Biologieunterricht (N = 47).

Schüler stellten anteilmäßig am häufigsten einen Bezug zur allgemeinen Lebenswelt her (nahezu 60 %). Bezüge zur Schülerlebenswelt machten 36 % aus, während ein anderes Fach in fast 5 % der kodierten Intervalle genannt wurden (N = 89; Abb. 16).

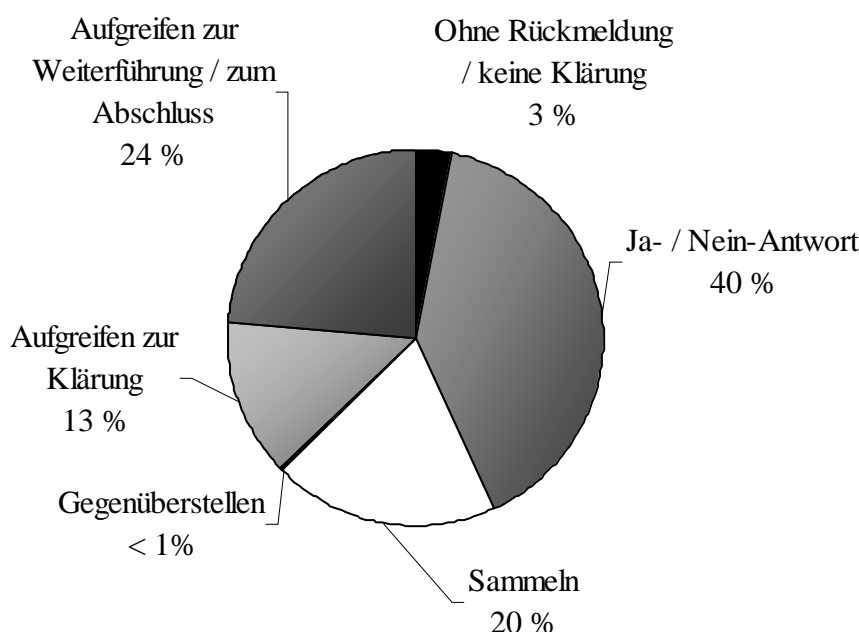


**Abb. 16:** Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen* in den Schüleräußerungen im Biologieunterricht (N = 47).

#### Variable: **Umgang mit Schülerbeiträgen**

Am häufigsten reagierte der Lehrer mit einer Ja- oder Nein-Antwort (40 %) auf einen Schülerbeitrag. Die zusammengefassten Kategorien *Aufgreifen zur Weiterführung* und *Aufgreifen zum Abschluss* machten 24 % der Intervalle aus, während in 13 % der Intervalle

Schülerbeiträge *geklärt* wurden. Das *Sammeln weiterer Beiträge* fand in 20 % der Intervalle statt. In keinem Fall wurden Schülerbeiträge von dem Lehrer einander gegenüber gestellt. In 3 % erfolgte auf einen Schülerbeitrag *keine Rückmeldung* oder *Klärung* (Abb. 17). Die Variable Umgang mit Schülerbeiträgen wurde in insgesamt 2253 Intervallen kodiert (im Mittel 48 Mal pro Klasse und Unterrichtsstunde).



**Abb. 17: Prozentuale Verteilung der Kategorien der Variablen *Umgang mit Schülerbeiträgen* durch den Lehrer im Biologieunterricht (N = 47).**

Bei der Reaktion des Lehrers auf einen Schülerbeitrag handelte es sich am häufigsten um einen aktuellen Beitrag (94 %). In weniger als 6 % der hier kodierten Intervalle fand ein Rückbezug auf einen vergangenen Beitrag statt.

#### Variable: **Weitergehende Denkprozesse**

Diese Variable trat nur in 24 der 47 Klassen auf. Insgesamt wurden von den Schülern 51 Mal *Weitergehende Denkprozesse* angestellt. Dies entspricht bei 24 Klassen im Mittel etwa 2 Mal pro Klasse und Unterrichtsstunde (1 Mal pro Klasse und Unterrichtsstunde bei Einbezug der Gesamtstichprobe). An den kodierten Gesamtäußerungen machte diese Variable einen prozentualen Anteil von etwa 2 % aus.



Im Folgenden werden exemplarisch einige Fälle der Variablen *Weitergehenden Denkprozesse* und *Herstellen inhaltlicher Bezüge* beschrieben (Füllwörter, Pausen und dergleichen wurden nicht berücksichtigt).

In der aufgenommenen Biologiestunde werden Zusammensetzung und Aufgaben des Blutes besprochen. Auf einer Folie wird notiert, dass Erythrozyten für den Transport von Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid zuständig sind. Ein Schüler äußert dazu einen *weitergehenden Kommentar*:

Schüler 1: „Vielleicht über den Erythrozyten bei der Aufgabe über Sauerstoff noch Hämoglobin schreiben, damit wir so ne Ahnung haben, wie das gemacht wird.“

Lehrer: „Kannst du das näher erläutern. Das ist ja ein ganz interessanter Aspekt, den ich jetzt gar nicht so vorausgesetzt hab, aber eigentlich sehr schön.“

Schüler 1: „Das Hämoglobin ist ja in den roten Blutkörperchen enthalten und das bindet ja den Sauerstoff, damit es transportiert werden kann.“

Lehrer: „Ja. Das ist so schön, das bitte aufschreiben.“

Der Schüler hat hier über die Frage des Lehrers hinaus fachliches Vorwissen eingebracht und den Lerninhalt elaboriert.

Weiterhin wird die Zusammensetzung des Blutplasmas besprochen. Beim Bestandteil Fibrinogen stellt ein Schüler eine *weitergehende Frage*:

Schüler 2: „Ist es nicht so, dass das Fibrinogen mehr oder weniger auch beim Wundverschluss eine Rolle spielt nämlich, dass es mit dem Enzym Thrombin zusammen das wasserlösliche Fibrin bildet und somit mehr oder weniger passiv an dem Wundverschluss teilnimmt?“

Lehrer: „Bist du da nicht damit einverstanden, was dort steht als Aufgabe der Blutgerinnung?“

Schüler 2: „Ja, doch, aber vielleicht noch als Ergänzung würde ich es empfehlen.“

Lehrer: „Auch da würde ich sagen, weil wir den Wundverschluss uns noch mal genau anschauen, würde ich das gerne nochmal zurückstellen, aber schreib dir das auf, damit wir darauf nochmal zurückgehen können in der nächsten Stunde, ja?“

Auch hier hat der Schüler aktiv eine Verknüpfung zwischen dem aktuellen Unterrichtsstoff und seinem Vorwissen hergestellt.

Das Thema der Unterrichtsstunde ist die Zusammensetzung und die Aufgaben des Blutes.

Lehrer: „Weiße Blutkörperchen unterscheiden zwischen Fremdkörpern und eigenen Stoffen, eigenen... ja?“ [Ein Schüler meldet sich.]

Schüler: „Obwohl es ja auch so Krankheiten gibt, wo die weißen Blutkörperchen irgendwie außer Kontrolle geraten...“ [Lehrer unterbricht.]

Lehrer: „Ja, das stimmt“ [Schüler setzt seinen Beitrag fort.]

Schüler: „...und die eigenen Blutkörperchen aufessen.“

Lehrer: „Ja, das ist richtig, das gibt es auch. Also, es gibt also das, was du angesprochen hast, das bezeichnet man dann auch als Autoimmunkrankheit. Also wenn die weißen Blutkörperchen nicht mehr unterscheiden können ist das jetzt ein Fremdkörper oder ist das was zu dem eigenen Körper gehört und dann einfach alles kaputt machen.“

Der Schüler gibt hier einen *weitergehenden Kommentar* ab, indem er an den Beitrag des Lehrers mit seinem Vorwissen anknüpft. Der Lehrer greift den Beitrag des Schülers auf und elaboriert ihn mit einer zusätzlichen Fachinformation.

In der Unterrichtsstunde wird die Verklumpung nicht kompatibler Blutgruppen besprochen:

Lehrer: „Wir haben da gerade noch so ein bisschen Zeit dafür die dritte Aufgabe, dass ihr die kurz beantwortet, denn dann haben wir zumindest schon mal eine Teillösung auf die Frage, die wir früher schon einmal gestellt haben. Peter!“

Schüler 1: „Ich hab geschrieben, also, wenn man einem Kranken von irgendjemandem das Blut gibt, ohne dass man wusste, welche Blutgruppe derjenige hat, konnte es vorkommen, dass die Blutgruppen verklumpen.“

Lehrer: „Aha, und dann?“

Schüler 1: „Stirbt derjenige.“

Lehrer: „Ja, warum?“

Schüler 1: „Ja, weil das Blut ja nicht mehr durch die Adern fließen kann und wenn es nicht mehr durch die Adern fließen kann, dann stirbt man leider.“

Lehrer: „Ja, dann kann es zu Verstopfungen, kann es kommen. Was da noch hinter steckt, da gucken wir uns das im Einzelnen in den nächsten Stunden an.“

Ein Schüler gibt daraufhin einen *weitergehenden Kommentar* ab und stellt gleichzeitig einen Bezug zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt her:

Schüler 2: „Bei Schlaganfällen ist das ja ähnlich so. Da setzt sich ja auch verschiedene Adern äh, verengen halt oder verschließen ganz und wenn das Gehirn dann

keinen Sauerstoff mehr bekommt, dann gibt's halt den sogenannten Schlaganfall und das Gehirn setzt dann leider aus und die Folgen kennt man ja.“

Lehrer: „Ja, die Folgen haben wir schon an mehreren Beispielen kennengelernt. Gut.“

In einer anderen Klasse wird in einem Unterrichtsabschnitt die Erstickungsgefahr durch unvollständige Verbrennung besprochen. Die Funktion des Hämoglobins (Sauerstofftransport) ist den Schülern bekannt. Ein Schüler stellt folgende weiterführende Frage:

Schüler: “Kann es denn auch passieren, dass man wenn man zum Beispiel also irgendwie so eine Krankheit hat, dass vielleicht nicht soviel Hämoglobin gebildet wird oder so, dass man dann empfindlicher auf so was ist im Straßenverkehr und dann daran stirbt, obwohl man nicht besonders viel [Kohlenmonoxid] aufgenommen hat?“

Lehrer: „Müssten wir mal 'nen Mediziner fragen.“

Der Schüler greift den Unterrichtsinhalt auf und elaboriert ihn durch ziehen einer Schlussfolgerung, die er zugleich als eine *weitergehende Frage* an den Biologielehrer stellt.

Im Biologieunterricht wird unter anderem die Entstehung eines Herzinfarkts aufgrund einer Verstopfung der Herzkranzgefäße durch Blutgerinnsel erarbeitet. Während der Erarbeitung wurde auch die Bluterkrankheit erwähnt, eine Erbkrankheit, bei der die Blutgerinnung aufgrund eines fehlenden Gerinnungsfaktors gestört ist.

Schüler: „Wenn man jetzt diese Bluterkrankheit hat und das Blut kann nicht gerinnen, ist man dann auch nicht so stark herzfarktgefährdet?“

An dem Beispiel wird deutlich, dass der Schüler innerhalb der einzelnen Teilinhalte eine Verknüpfung herstellt und so die im Unterricht erarbeiteten Elemente zu einer eigenen, *weitergehenden Idee* zusammenführt.

Thema der Stunde ist die Immunabwehr des menschlichen Körpers am Beispiel von Typhus. Der Lehrer stellt die Frage, warum Einheimische, im Gegensatz zu Touristen, nicht an Typhus erkranken. Den Schülern wird auf einer Folie ein Versuch gezeigt, in dem Blut getrennt in zwei Reagenzgläsern mit dem Erreger vermischt wurden. In Reagenzglas A verklumpt das Gemisch nicht, in Reagenzglas B hingegen verklumpt es. Die Schüler sollen sich zu dem Befund äußern.

Schüler 1: „Das Blut A hat keine Antikörper gegen diese Bakterien und B hat Antikörper und deshalb verklumpt das. Und das ist ja fast genauso wie beim Rhesusfaktor.“

Wenn man einmal mit dem rhesus-positiven Blut in Berührung kommt, dann bildet man ja auch Antigene und genauso könnte ich mir das auch vorstellen, dass das mit den Typhus-Bakterien so ist.“

Der Schüler deutet den Versuch und stellt gleichzeitig in einer *weitergehenden Idee* einen inhaltlichen *Bezug zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt* her.

Im Verlauf des Unterrichtsgesprächs wird notiert, dass Menschen, die an Typhus erkranken keine Antikörper gegen das Bakterium haben. Der Lehrer schreibt weiter an die Tafel: „Menschen ohne Typhus Erkrankung...“ Auf diesen Impuls antwortet ein Schüler und stellt zudem, unter Herstellung eines inhaltlichen *Bezugs zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt*, eine *weiterführende Frage*:

Schüler 2: „Ja, die haben da Antikörper gegen. Werden die auch übertragen bei der Geburt oder bekommen sie die erst im Laufe der Entwicklung? Weil wir hatten ja das mit der Plazenta, wenn da Risse drin sind, das da Antikörper übertragen werden...“

Lehrer: „Du stellst jetzt genau die logische Frage, die wir brauchen. Was kann den Unterschied verursacht haben?“ Vermutungen! Jan, du hattest eine Idee. Sag nochmal!“

Schüler 2: „Ja, also, dass bei der Geburt durch die Risse der Plazenta Antikörper übertragen werden, wie das beim Rhesusfaktor auch so ist, weil da werden ja auch Antikörper übertragen.“

Lehrer: „Ideen muss man diskutieren!“

Ein Schüler *bezweifelt* die Aussage seines Mitschülers:

Schüler 3: „Ich glaube nicht, dass das über Risse der Plazenta kommt, sondern die Plazenta lässt ja nur die roten Blutkörperchen nicht durch und die Antigene oder Antikörper kommen halt direkt da durch.“

In einer anderen Klasse ist das Thema der Unterrichtsstunde die Agglutination von Blutgruppen. Der Lehrer hatte in einer vorigen Unterrichtseinheit mit den Schülern Aufbau und Funktion der Niere besprochen und versucht nun die Folgen von verstopften Gefäßen aufgrund verklumpten Blutes deutlich zu machen. Dabei versucht er einen inhaltlichen *Bezug zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt* herzustellen.

Lehrer: „Wie sehen die Gefäße im Verlauf durch den Körper aus? Bei den Nieren da hatten wir das. Arterie in die Niere rein, Vene raus und wie veränderten sich die Gefäße in der Niere?“

Kein Schüler zeigt auf, so dass der Lehrer letztlich selbst eine Antwort auf seine gestellte Frage gibt.

Lehrer: „In den Glomeruli da waren die Gefäße sehr dünn. Die Haargefäße, Kapillaren. Und durch diese sehr dünnen Gefäße können diese Verklumpungen nicht mehr durch und dann verstopfen die alles und was ist die Folge von verstopften Gefäßen?“

Schüler: „Der Blutfluss stockt und es gelangt kein Sauerstoff mehr zu den Muskeln.“

Der Lehrer hat hier zwar versucht, einen Bezug zu einem bereits gelernten Inhalt herzustellen. Es gelang ihm jedoch nicht, den Schülern deutlich zu machen, worauf seine Frage abzielte.

## **5.2 Beschreibung der Lernleistung**

Im Folgenden werden die Häufigkeitsanalysen dargestellt, die bezüglich des Wissenszuwachses ( $N = 47$  Klassen) und der Wissensstruktur ( $N = 40$  Klassen) der Schüler durchgeführt wurden.

### **5.2.1 Zuwachs im Faktenwissen**

Im Leistungstest erzielten die Schüler im Mittel 20 von 31 Punkten ( $SD = 4,5$ ,  $Min = 6$ ,  $Max = 30$ ;  $N = 1153$ ). Ihr Wissenszuwachs betrug im Mittel 6 Punkte ( $SD = 4,4$ ,  $Min = -9$ ,  $Max = 21$ ;  $N = 1099$ ).

### **5.2.2 Komplexität und Qualität der Wissensstruktur**

Insgesamt wurden von 956 Schülern Begriffsnetze erstellt.

Es wurden im Mittel 14 der 15 vorgegebenen Begriffe verwendet ( $SD = 1,4$ ,  $Min = 2$ ,  $Max = 15$ ;  $N = 13513$ ). Der Begriff Blut wurde von den Schülern mit Abstand am häufigsten mit anderen Begriffen verbunden. Diese Verknüpfungen machten 17 % aller Relationen aus. Hingegen wurden die Begriffe Blutdruck, Krankheitserreger und Zellatmung nur zu 4 bzw. 3 % mit anderen Begriffen verknüpft (Tab. 7).

**Tab. 7: Häufigkeit der Verknüpfungen der Begriffe (in Prozent).**

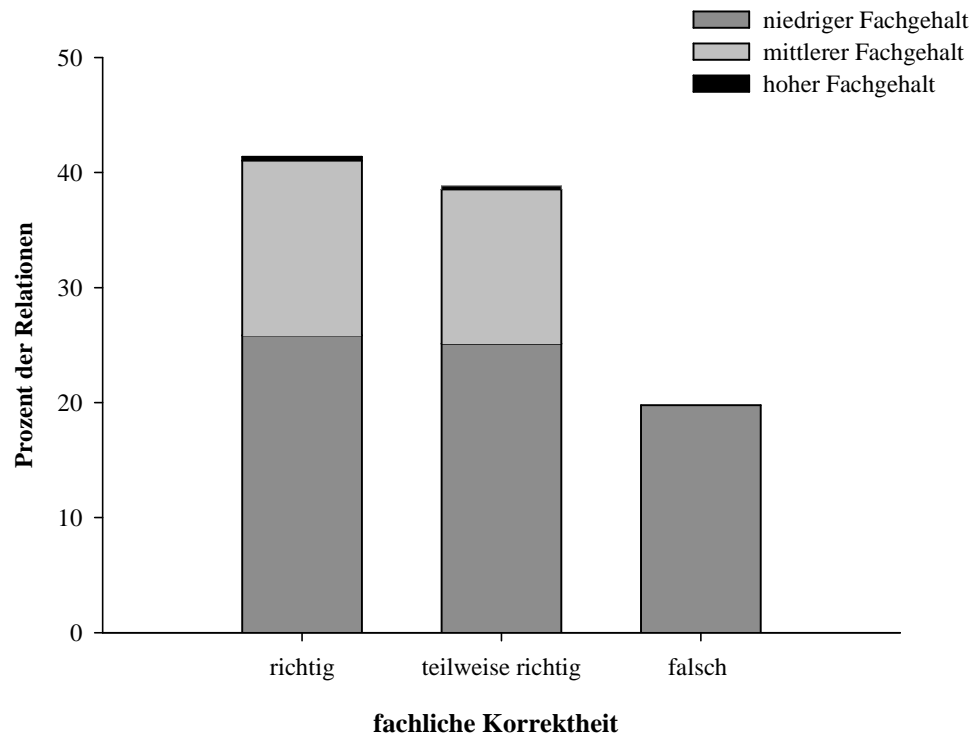
| Begriff           | Häufigkeit der Verknüpfung (%) |
|-------------------|--------------------------------|
| Blut              | 17                             |
| Herz              | 9                              |
| Blutkörperchen    | 8                              |
| Arterie           | 7                              |
| Energie           | 7                              |
| Muskeln           | 7                              |
| Sauerstoff        | 7                              |
| Bewegung          | 6                              |
| Nährstoffe        | 6                              |
| Blutgruppen       | 5                              |
| Blutspende        | 5                              |
| Kreislauf         | 5                              |
| Blutdruck         | 4                              |
| Krankheitserreger | 4                              |
| Zellatmung        | 3                              |

Die Schüler generierten durchschnittlich 16 Relationen ( $SD = 4,1$ ,  $Min = 1$ ,  $Max = 48$ ;  $N = 14862$ ). Die Relationen erreichten eine fachliche Korrektheit von im Mittel 1,2 und einen Fachgehalt von im Mittel 0,3 Punkten (Tab. 6).

**Tab. 6: Deskriptive Ergebnisse zur fachlichen Korrektheit und zum Fachgehalt der generierten Relationen ( $N = 14862$ ). Es wurden 0 bis 2 Punkte vergeben.**

|                                 | M    | SD   | Min | Max |
|---------------------------------|------|------|-----|-----|
| <b>Korrektheit der Relation</b> | 1,22 | 0,75 | 0   | 2   |
| <b>Fachgehalt der Relation</b>  | 0,30 | 0,47 | 0   | 2   |

Richtige Relationen machten 41 % aller erstellten Relationen aus, 39 % wurden als teilweise richtig bewertet. Falsche Relationen waren zu 20 % vorhanden. Relationen, die einen hohen Fachgehalt aufwiesen, waren lediglich zu 0,7 % vertreten. Am häufigsten wurden Relationen mit einem geringen Fachgehalt erstellt (71 %); Relationen mit mittlerem Fachgehalt wurden in 29 % der Fälle generiert. In Abbildung 18 sind die Kombinationen aus der fachlichen Korrektheit und dem Fachgehalt der Relationen dargestellt.



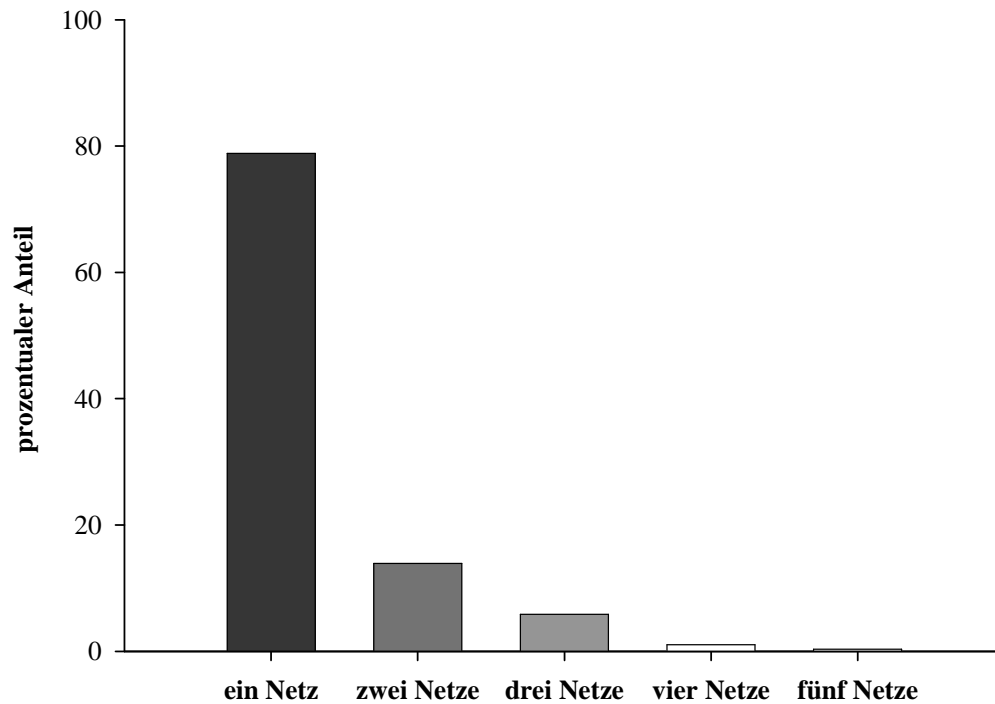
**Abb. 18: Prozentuale Verteilung der Relationen hinsichtlich ihrer fachlichen Korrektheit und ihres Fachgehalts (N = 14862).**

Die Auswahl der Begriffe erlaubte es, Verknüpfungen zwischen dem Themenbereich Blut und Blutkreislauf und den Themengebieten Atmung, Bewegung, Verdauung/ Energie und Immunsystem herzustellen. Es wurden im Mittel fünf Quervernetzungen realisiert ( $SD = 2,0$ ,  $Min = 0$ ,  $Max = 20$ ;  $N = 4664$ ). Lediglich 28 % dieser Verknüpfungen waren fachlich korrekt ( $N = 1299$ ).

Insgesamt wiesen die Begriffsnetze eine geringe Dichte auf ( $M = 1,1$ ,  $SD = 0,2$ ,  $Min = 0,5$ ,  $Max = 3,2$ ).

Die Mehrheit der Begriffsnetze hatte eine Netz- oder Baumstruktur (49 bzw. 42 %). In 7 % der Begriffsnetze waren die Begriffe kettenartig angeordnet und nur in 2 % der Netze waren die Begriffe einzeln hintereinander gereiht worden.

Die meisten Schüler erstellten ein zusammenhängendes Netz (79 %). 20 % der Netze zerfielen in zwei oder drei, lediglich 1 % in vier oder fünf Komponenten (Abb. 19). Im Mittel wurden 1,3 Netze gebildet ( $SD = 0,7$ ,  $Min = 1$ ,  $Max = 5$ ).



**Abb. 19: Prozentualer Anteil der Anzahl der Netze (N = 956).**

In den folgenden Abbildungen sind exemplarisch zwei Begriffsnetze aufgeführt. Abbildung 20a zeigt ein zusammenhängendes Begriffsnetz, in welchem die einzelnen biologischen Begriffe mannigfaltig miteinander vernetzt sind. Das Begriffsnetz in Abbildung 20b hingegen zerfällt in mehrere Teilnetze.



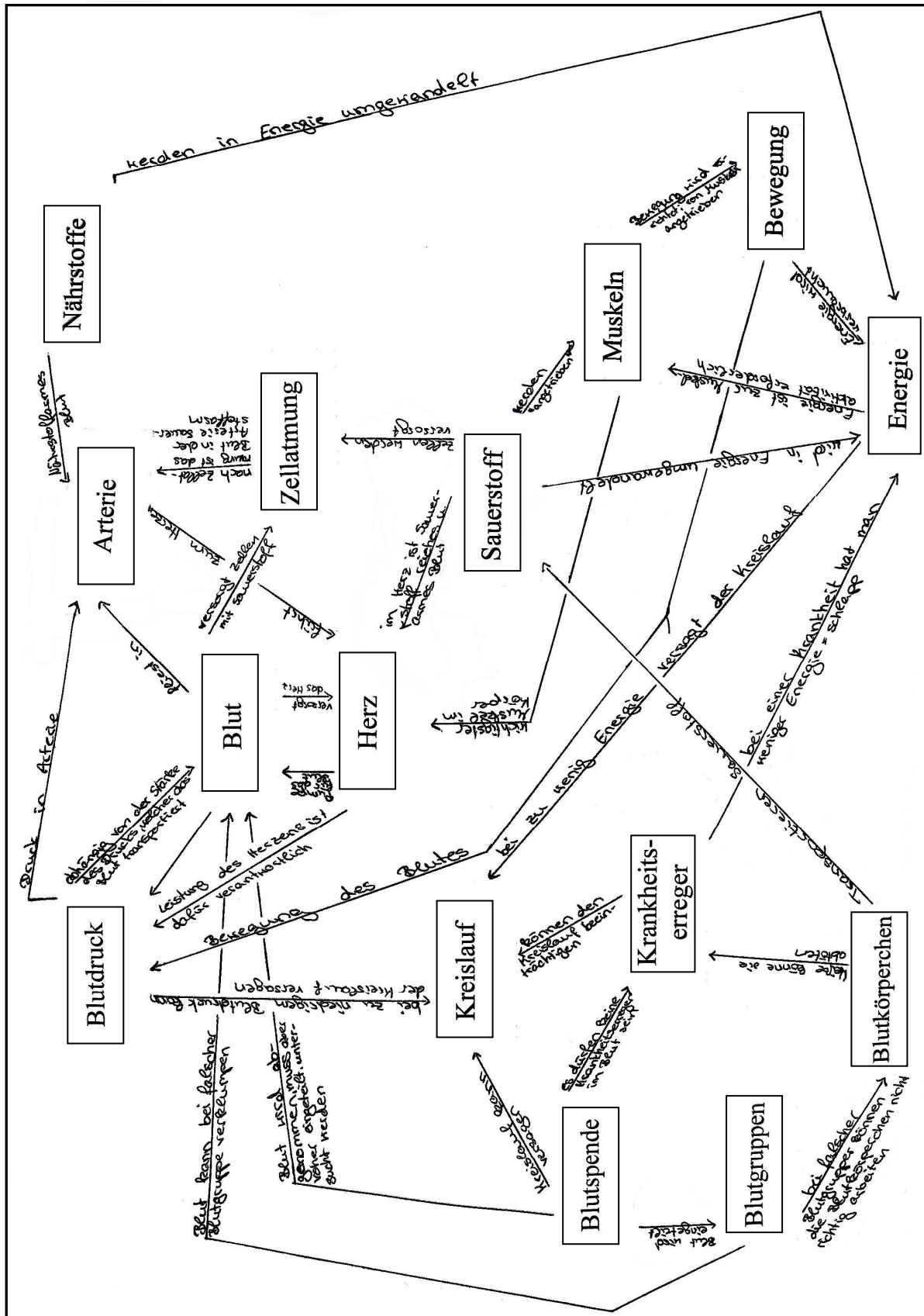


Abb. 20a: Beispiel eines stark vernetzten, zusammenhängenden Begriffsnetzes.

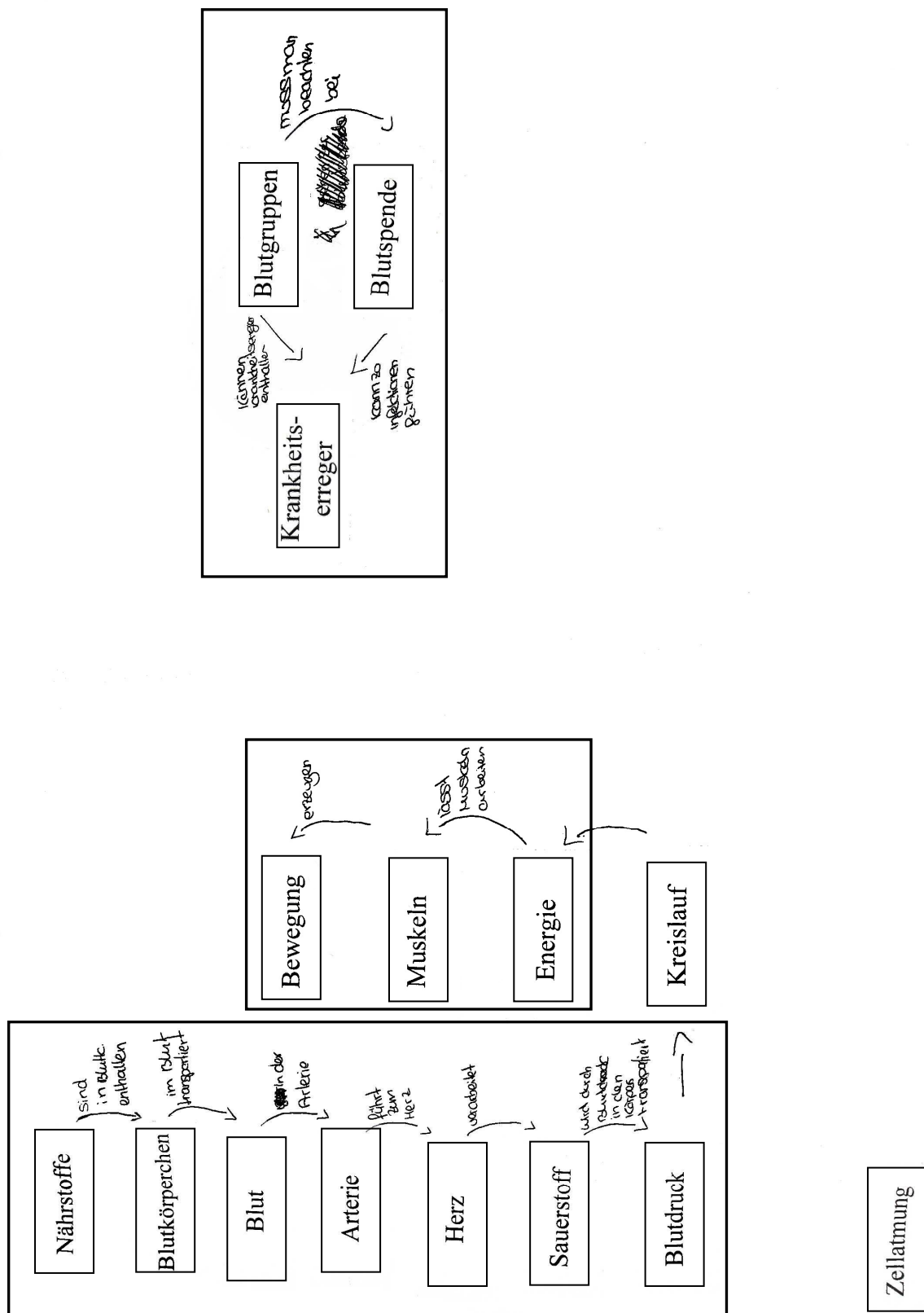


Abb. 20b: Beispiel eines wenig vernetzten, in einzelne Teilnetze zerfallenden Begriffsnetzes.

### 5.3 Beschreibung der Lernmotivation

Die Schüler zeigten insgesamt eine hohe Bereitschaft, sich im Biologieunterricht anzustrengen. Allerdings war bei den Schülern nur ein geringes Interesse festzustellen, sich auch nach dem Unterricht mit biologischen Themen zu befassen. Die größte Streuung lag beim Fachinteresse, d.h. dem Interesse am Biologieunterricht, vor. Die deskriptiven Befunde zu allen sechs Skalen der Lernmotivation sind in Tabelle 8 aufgeführt.

**Tab. 8: Deskriptive Ergebnisse zu den Skalen des Fragebogens zur Lernmotivation der Schüler (N = 47 Klassen).** Die Items waren auf einer 4-stufigen Likert-Skala zu beantworten.

| Skala                         | M    | SD   | Min | Max | N    |
|-------------------------------|------|------|-----|-----|------|
| Anstrengungsbereitschaft      | 2,32 | 0,56 | 0   | 3   | 1157 |
| Interesse auf Verhaltensebene | 0,77 | 0,66 | 0   | 3   | 1154 |
| Fachinteresse                 | 1,44 | 0,88 | 0   | 3   | 1158 |
| extrinsische Motivation       | 1,29 | 0,52 | 0   | 3   | 1159 |
| intrinsische Motivation       | 1,89 | 0,65 | 0   | 3   | 1159 |
| Abneigung                     | 0,97 | 0,71 | 0   | 3   | 1159 |

### 5.4 Bedeutung des Vernetzungsniveaus im Biologieunterricht

#### 5.4.1 Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Lernleistung

Hauptziel der Untersuchung war es, die Bedeutung des Vernetzungsniveaus im Biologieunterricht für die Lernleistung der Schüler zu untersuchen. Es wurden je zehn Klassen identifiziert, die im Unterricht ein hohes bzw. niedriges Vernetzungsniveau erzielten und diese in ihrer Lernleistung verglichen. Die Berechnungen wurden auf Klassenebene durchgeführt.

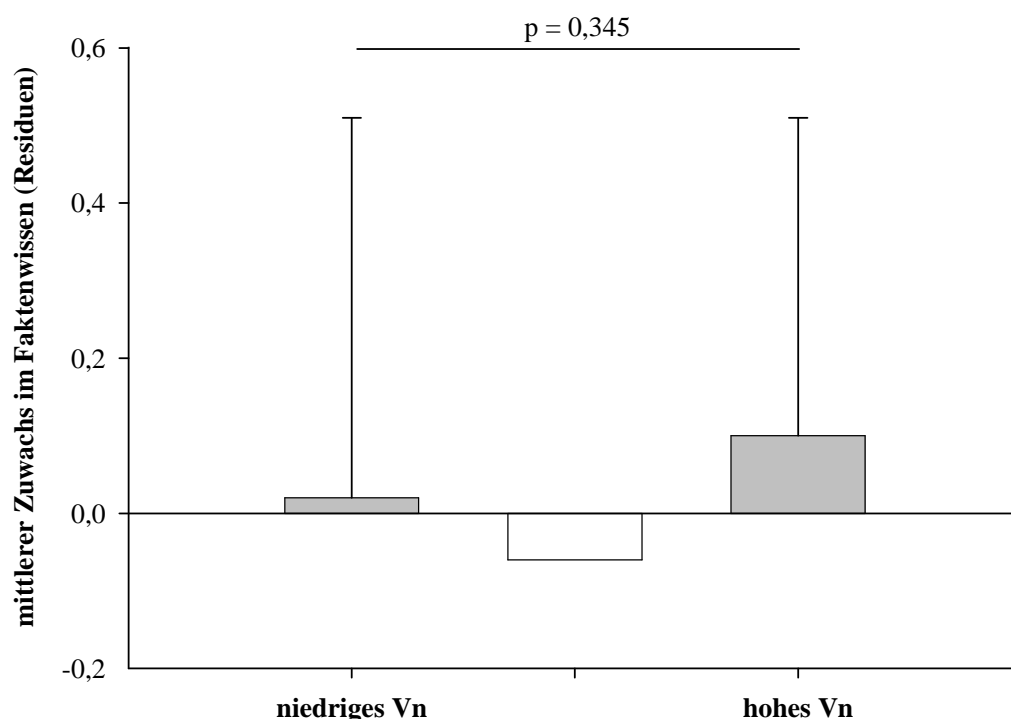
Es werden zunächst die Ergebnisse zum Zuwachs im Faktenwissen dargestellt (H 2.1). Darauf folgen die Ergebnisse zur Wissensstruktur (H 2.2a und H 2.2b). Beim Vergleich der Wissensstruktur umfasste aufgrund fehlender Begriffsnetze die Gruppe mit einem hohen Vernetzungsniveau neun und die Gruppe mit einem niedrigen Vernetzungsniveau acht Klassen. Vor Durchführung der Unterschiedsanalysen wurde sichergestellt, dass sich die beiden Gruppen in ihrem Vernetzungsniveau signifikant voneinander unterschieden (nVn:  $M = 1,1$ ,  $SD = 0,04$  und hVn:  $M = 1,5$ ,  $SD = 0,08$ ;  $t(18) = -14,116$ ,  $p \leq 0,001$ ). In beiden

Gruppen fand überwiegend das Unterrichtsgespräch statt ( $M_{nVn} = 65,5$ ,  $SD = 17,2$  und  $M_{hVn} = 66,4$ ,  $SD = 20,4$ ;  $t(15) = -0,101$ ,  $p = 0,921$ ). Im Folgenden werden Klassen mit einem niedrigen Vernetzungsniveau im Unterricht mit nVn, Klassen mit einem hohen Vernetzungsniveau mit hVn abgekürzt.

In den folgenden Grafiken wird die erhobene Lernleistung der niedrig und hoch vernetzenden Klassen gegenübergestellt. Klassen mit einem mittleren Vernetzungsniveau im Unterricht werden zur Orientierung ebenfalls aufgeführt (mittlerer Balken), sind aber kein weiterer Gegenstand der Untersuchung.

#### 5.4.1.1 Bedeutung des Vernetzungsniveaus für den Zuwachs im Faktenwissen

Zu Beginn der Unterrichtseinheit wiesen beide Gruppen ein ähnlich niedriges Vorwissen auf (nVn:  $M = 13,07$ ,  $SD = 1,52$  und hVn:  $M = 14,07$ ,  $SD = 1,56$ ;  $t(18) = -1,45$ ;  $p = 0,082$ ). Nach Beendigung der Unterrichtseinheit Blut und Blutkreislauf konnte bei den hoch vernetzenden Klassen ein größerer Zuwachs im Faktenwissen als bei den niedrig vernetzenden Klassen festgestellt werden (Abb. 21).



**Abb. 21: Mittlerer residualer Zuwachs im Faktenwissen der niedrig und hoch vernetzenden Klassen (N = 20) im Leistungstest.**

Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant (Tab. 9).

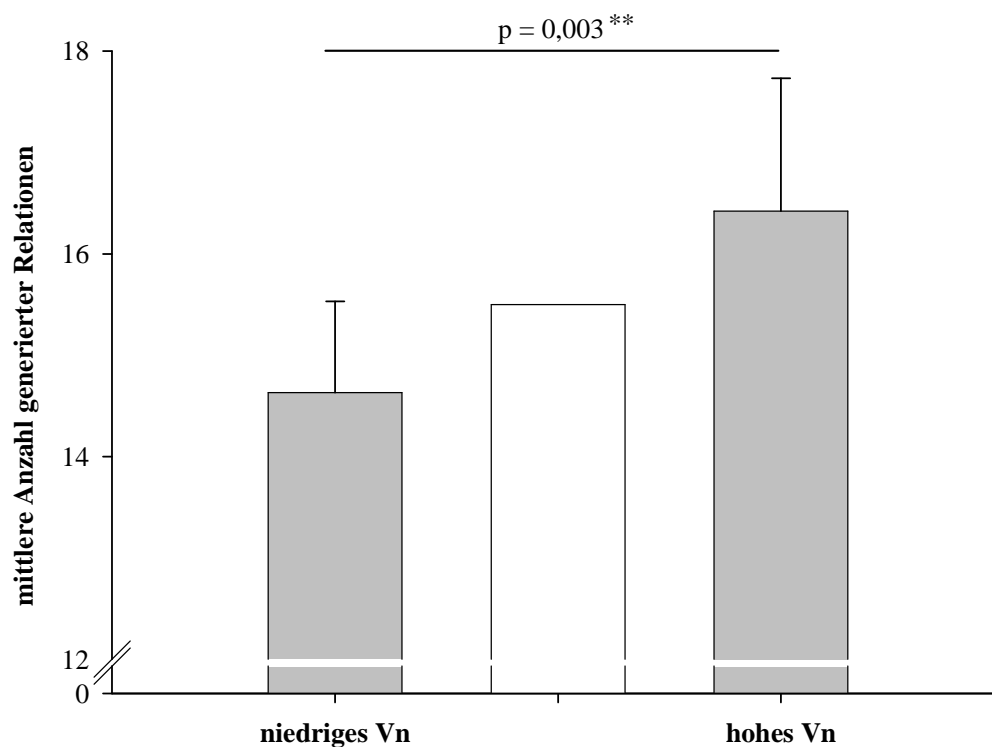
**Tab. 9: Vergleich der Extremgruppen bezüglich des residualen Wissenszuwachses im Leistungstest.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

|                                | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     |
|--------------------------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|
| <b>Zuwachs im Faktenwissen</b> | niedrig           | 0,02 | 0,49 | - 0,40 | 18 | 0,345 |
|                                | hoch              | 0,10 | 0,41 |        |    |       |

Auch über die Gesamtstichprobe hinweg konnte zwischen dem Vernetzungsniveau des Unterrichts und dem Wissenszuwachs im Leistungstest kein Zusammenhang festgestellt werden ( $r = 0,03$ ,  $p = 0,82$ ;  $N = 47$  Klassen).

#### 5.4.1.2 Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Ausbildung deklarativer Wissensstrukturen

Klassen, die im Unterricht ein hohes Vernetzungsniveau erzielten, wiesen insgesamt eine stärker vernetzte Wissensstruktur auf als Klassen mit einem niedrigen Vernetzungsniveau. So generierten Schüler aus den hoch vernetzenden Klassen signifikant mehr Relationen als Schüler aus den niedrig vernetzenden Klassen (Abb. 22).



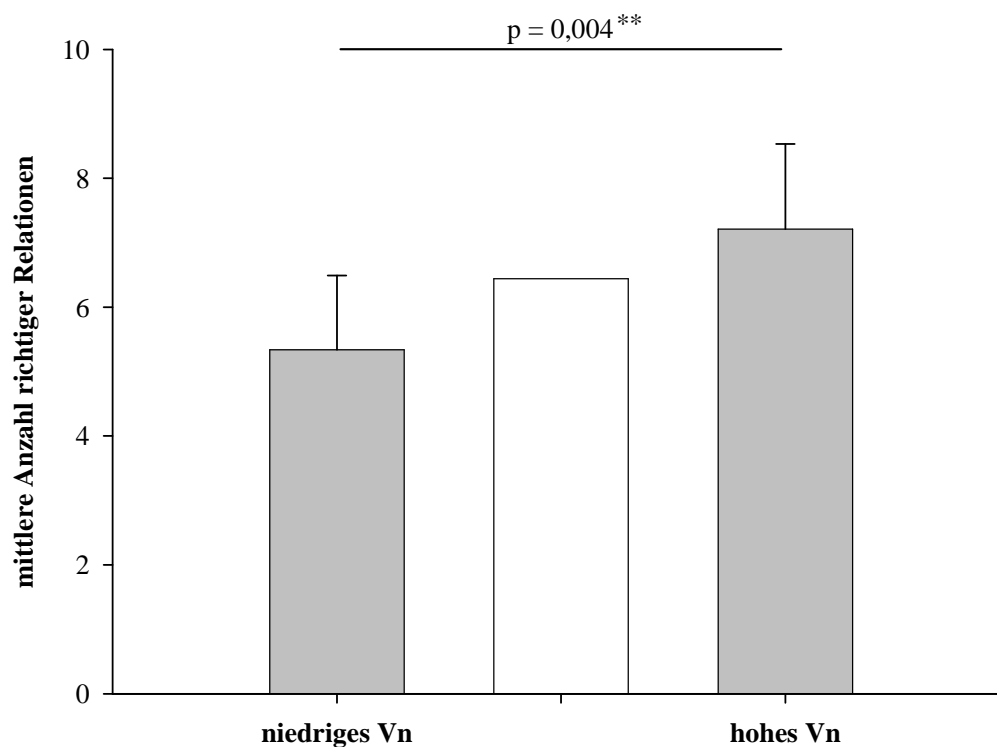
**Abb. 22: Mittlere Anzahl generierter Relationen in den Begriffsnetzen der niedrig und hoch vernetzenden Klassen ( $N = 17$ ).**

Es war eine große Effektstärke von  $d = 1,6$  feststellbar (Tab. 10).

**Tab. 10: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Gesamtanzahl generierter Relationen im Begriffsnetz.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

|                          | Vernetzungsniveau | M     | SD   | T      | df | p     | d    |
|--------------------------|-------------------|-------|------|--------|----|-------|------|
| <b>Anzahl Relationen</b> | niedrig           | 14,63 | 0,90 | - 3,24 | 15 | 0,003 | 1,59 |
|                          | hoch              | 16,42 | 1,31 |        |    |       |      |

Die Schüler aus den hoch vernetzenden Klassen erstellten zudem signifikant mehr richtige Relationen (Abb. 23, Tab. 11).



**Abb. 23: Mittlere Anzahl richtiger Relationen in den Begriffsnetzen der niedrig und hoch vernetzenden Klassen (N = 17).**

In der Anzahl teilweise richtiger und der Anzahl falscher Relationen war kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen festzustellen (Tab. 11).

**Tab. 11: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Anzahl richtiger, teilweise richtiger und falscher Relationen im Begriffsnetz.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in der Anzahl richtiger Relationen; n.b. bedeutet nicht bestimmt.

| Anzahl Relationen        | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     | d    |
|--------------------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|------|
| <b>richtig</b>           | niedrig           | 5,34 | 1,15 | - 3,10 | 15 | 0,004 | 1,51 |
|                          | hoch              | 7,21 | 1,32 |        |    |       |      |
| <b>teilweise richtig</b> | niedrig           | 6,31 | 0,71 | 1,41   | 15 | 0,090 | n.b. |
|                          | hoch              | 5,77 | 0,85 |        |    |       |      |
| <b>falsch</b>            | niedrig           | 2,98 | 0,74 | - 1,31 | 15 | 0,105 | n.b. |
|                          | hoch              | 3,44 | 0,72 |        |    |       |      |

In Übereinstimmung mit den oben angeführten Ergebnissen konnte bezüglich der Saliency ebenfalls ein Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden. So war das Verhältnis der Anzahl richtiger Relationen zur Gesamtanzahl an Relationen bei den hoch vernetzenden Klassen signifikant größer als bei den niedrig vernetzenden Klassen (Tab. 12).

**Tab. 12: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Saliency im Begriffsnetz.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

|                 | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     | d    |
|-----------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|------|
| <b>Saliency</b> | niedrig           | 0,37 | 0,08 | - 2,07 | 15 | 0,028 | 0,93 |
|                 | hoch              | 0,44 | 0,07 |        |    |       |      |

Neben der fachlichen Korrektheit wurde auch der Fachgehalt der Relationen in den Begriffsnetzen untersucht. Schüler aus den hoch vernetzenden Klassen generierten mehr Relationen, die einen niedrigen Fachgehalt aufwiesen als Schüler aus den niedrig vernetzenden Klassen. Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant (Tab. 13). Aufgrund nicht normalverteilter Daten wurde hier auf den nicht-parametrischen Mann-Whitney-U Test zurückgegriffen.

**Tab. 13: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Anzahl Relationen mit niedrigem Fachgehalt.** Durchgeführt wurde der Mann-Whitney-U Test für unabhängige Stichproben. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

| Anzahl Relationen           | Vernetzungs-niveau | Mittlerer Rang | Rang-summe | Mann-Whitney-U | Wilcoxon-W | Z      | Asymptotische Signifikanz (einseitig) |
|-----------------------------|--------------------|----------------|------------|----------------|------------|--------|---------------------------------------|
| <b>niedriger Fachgehalt</b> | niedrig            | 7,38           | 59,0       | 23,0           | 59,0       | -1,251 | 0,11                                  |
|                             | hoch               | 10,44          | 94,0       |                |            |        |                                       |

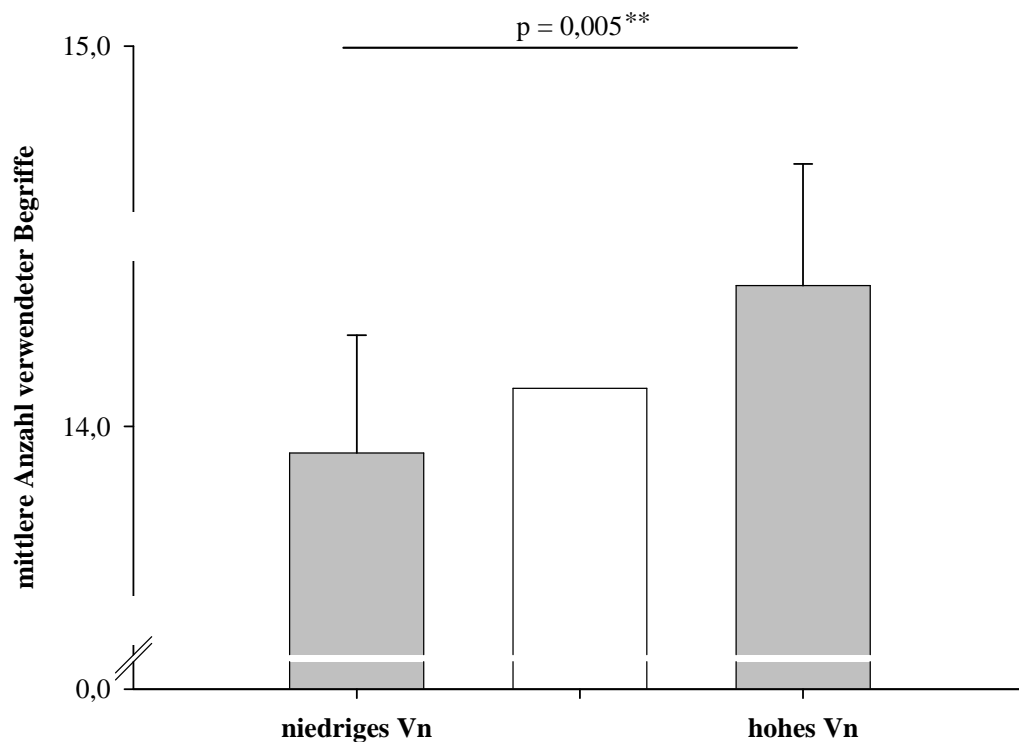
Bei der Anzahl Relationen mit hohem Fachgehalt konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden (Tab. 14).

**Tab. 14: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Anzahl Relationen mit hohem, mittlerem und niedrigem Fachgehalt im Begriffsnetz.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

| Anzahl Relationen           | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     |
|-----------------------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|
| <b>hoher Fachgehalt</b>     | niedrig           | 0,05 | 0,06 | - 1,37 | 15 | 0,095 |
|                             | hoch              | 0,09 | 0,07 |        |    |       |
| <b>mittlerer Fachgehalt</b> | niedrig           | 4,17 | 0,53 | - 1,47 | 15 | 0,080 |
|                             | hoch              | 4,68 | 0,84 |        |    |       |

Des Weiteren ließ sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen in der Anzahl verwendeter Begriffe feststellen, wobei die hoch vernetzenden Klassen mehr Begriffe verwendeten als die niedrig vernetzenden Klassen (Abb. 24).





**Abb. 24:** Mittlere Anzahl verwendeter Begriffe in den Begriffsnetzen der niedrig und hoch vernetzenden Klassen (N = 17).

Auch hier ist eine große Effektstärke von  $d = 1,4$  festzustellen (Tab. 15).

**Tab. 15:** Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Anzahl verwendeter Begriffe im **Begriffsnetz**. Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

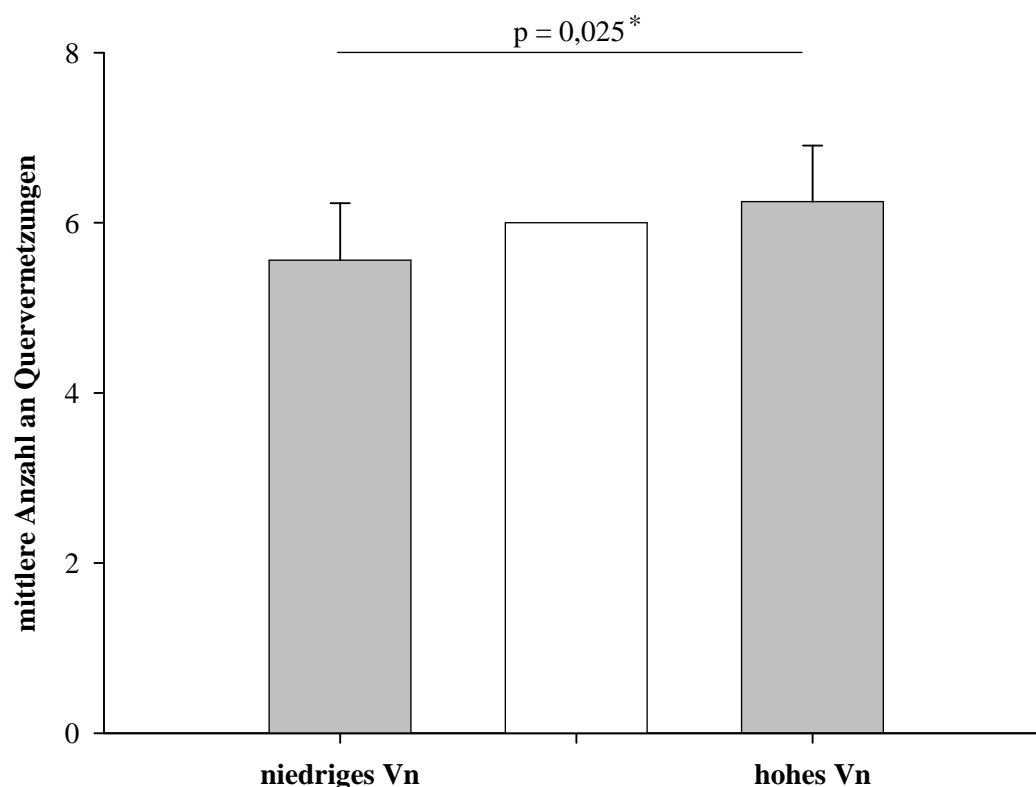
|                 | Vernetzungsniveau | M     | SD   | T      | df | p     | d    |
|-----------------|-------------------|-------|------|--------|----|-------|------|
| Anzahl Begriffe | niedrig           | 13,93 | 0,31 | - 2,91 | 15 | 0,005 | 1,40 |
|                 | hoch              | 14,37 | 0,32 |        |    |       |      |

Beim Vergleich der Gruppen hinsichtlich der Anzahl Netze wurde aufgrund der nicht normalverteilten Daten der nicht-parametrische Mann-Whitney-U Test angewandt. Schüler aus den hoch vernetzenden Klassen erstellten vermehrt zusammenhängende Begriffsnetze. Dieser Unterschied erreichte jedoch keine Signifikanz (Tab. 16).

**Tab. 16: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Anzahl Netze.** Durchgeführt wurde der Mann-Whitney-U Test für unabhängige Stichproben. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

|                     | Vernetzungs-niveau | Mittlerer Rang | Rang-summe | Mann-Whitney-U | Wilcoxon-W | Z      | Asymptotische Signifikanz (einseitig) |
|---------------------|--------------------|----------------|------------|----------------|------------|--------|---------------------------------------|
| <b>Anzahl Netze</b> | niedrig            | 11,13          | 89,0       | 19,0           | 64,0       | -1,637 | 0,051                                 |
|                     | hoch               | 7,11           | 64,0       |                |            |        |                                       |

Die vorgegebenen Begriffe ermöglichten den Schülern, Begriffe aus dem Themenbereich Blut und Blutkreislauf mit Begriffen aus den Gebieten Atmung, Bewegung, Verdauung/ Energie und Immunsystem zu vernetzen. Schüler aus den hoch vernetzenden Klassen generierten hier signifikant mehr Quervernetzungen als Schüler aus den niedrig vernetzenden Klassen (Abb. 25, Tab. 17).



**Abb. 25: Mittlere Gesamtanzahl an Quervernetzungen in den Begriffsnetzen der niedrig und hoch vernetzenden Klassen (N = 17).**

Dieses Ergebnis ist ein Hinweis darauf, dass die Wissensstrukturen der Schüler aus den hoch vernetzenden Klassen auch über das Themengebiet Blut und Blutkreislauf hinweg insgesamt integrierter sind als die der Schüler aus den niedrig vernetzenden Klassen.

**Tab. 17: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Gesamtanzahl an Quervernetzungen im Begriffsnetz.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

|                         | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     | d    |
|-------------------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|------|
| Anzahl Quervernetzungen | niedrig           | 5,56 | 0,67 | - 2,14 | 15 | 0,025 | 1,04 |
|                         | hoch              | 6,25 | 0,66 |        |    |       |      |

Die Quervernetzungen in den hoch vernetzenden Klassen waren zudem signifikant häufiger richtig als in den niedrig vernetzenden Klassen (Tab. 18).

**Tab. 18: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Anzahl richtiger Quervernetzungen.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

|                                   | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T       | df | p     | d    |
|-----------------------------------|-------------------|------|------|---------|----|-------|------|
| Anzahl richtiger Quervernetzungen | niedrig           | 1,20 | 0,38 | - 2,526 | 15 | 0,012 | 1,24 |
|                                   | hoch              | 1,66 | 0,36 |         |    |       |      |

Aufgeschlüsselt nach den einzelnen Inhaltsbereichen unterscheiden sich die Gruppen in der Anzahl Quervernetzungen zu Begriffen aus den Themengebieten Bewegung und Verdauung/Energie (Tab. 19). Quervernetzungen zu den Inhalten Atmung und Immunsystem sind in beiden Gruppen ähnlich selten vertreten (Tab. 19).

**Tab. 19: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Anzahl Quervernetzungen von Begriffen des Inhaltsbereichs Blut und Blutkreislauf zu den übrigen Inhaltsbereichen im Begriffsnetz.**

Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Die Gruppen unterscheiden sich signifikant in der Anzahl Quervernetzungen zu den Bereichen Bewegung und Verdauung/Energie; n.b. bedeutet nicht bestimmt.

| Anzahl Quervernetzungen   | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     | d    |
|---------------------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|------|
| <b>Atmung</b>             | niedrig           | 1,33 | 0,17 | - 0,98 | 15 | 0,170 | n.b. |
|                           | hoch              | 1,40 | 0,12 |        |    |       |      |
| <b>Bewegung</b>           | niedrig           | 1,47 | 0,18 | - 1,89 | 15 | 0,039 | 0,96 |
|                           | hoch              | 1,73 | 0,34 |        |    |       |      |
| <b>Immunsystem</b>        | niedrig           | 1,29 | 0,17 | - 0,85 | 15 | 0,204 | n.b. |
|                           | hoch              | 1,38 | 0,22 |        |    |       |      |
| <b>Verdauung/ Energie</b> | niedrig           | 1,35 | 0,21 | - 1,98 | 15 | 0,033 | 0,95 |
|                           | hoch              | 1,55 | 0,21 |        |    |       |      |

Die Begriffsnetze unterschieden sich ebenfalls in ihrer Dichte und  $Dichte_{korr}$ , wobei die Begriffsnetze aus den hoch vernetzenden Klassen jeweils stärker verknüpft waren als diejenigen der niedrig vernetzenden Klassen (Tab. 20).

**Tab. 20: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Dichte und  $Dichte_{korr}$  im Begriffsnetz.**

Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

|                                   | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     | d    |
|-----------------------------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|------|
| <b>Dichte</b>                     | niedrig           | 1,05 | 0,06 | - 2,59 | 15 | 0,010 | 1,27 |
|                                   | hoch              | 1,14 | 0,08 |        |    |       |      |
| <b><math>Dichte_{korr}</math></b> | niedrig           | 0,38 | 0,09 | - 2,75 | 15 | 0,007 | 1,33 |
|                                   | hoch              | 0,50 | 0,09 |        |    |       |      |

Schüler aus den niedrig vernetzenden Klassen haben Begriffe signifikant häufiger mit nur einem anderen Begriff verbunden (Verknüpfungsgrad 1) als dies bei Schülern aus den hoch vernetzenden Klassen der Fall war (Tab. 21). Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bestehen bis zu einem Verknüpfungsgrad von sieben Relationen, wobei die Schüler

aus den hoch vernetzenden Klassen höhere Begriffsgrade erreichten als Schüler aus den niedrig vernetzenden Klassen (Tab. 21). Ab einem Verknüpfungsgrad von acht oder mehr Relationen waren zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede mehr festzustellen (Tab. 21).

**Tab. 21: Vergleich der Extremgruppen bezüglich des Verknüpfungsgrads der Begriffe im Begriffsnetz.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

| Verknüpfungsgrad | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     | d     |
|------------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|-------|
| 1-fach           | niedrig           | 5,31 | 0,73 | 1,80   | 15 | 0,046 | -0,88 |
|                  | hoch              | 4,64 | 0,80 |        |    |       |       |
| ≥ 5-fach         | niedrig           | 0,77 | 0,24 | - 2,18 | 15 | 0,023 | 1,04  |
|                  | hoch              | 1,02 | 0,24 |        |    |       |       |
| ≥ 6-fach         | niedrig           | 0,45 | 0,16 | - 2,50 | 15 | 0,012 | 1,22  |
|                  | hoch              | 0,67 | 0,20 |        |    |       |       |
| ≥ 7-fach         | niedrig           | 0,24 | 0,13 | - 2,33 | 15 | 0,017 | 1,17  |
|                  | hoch              | 0,41 | 0,16 |        |    |       |       |
| ≥ 8-fach         | niedrig           | 0,13 | 0,07 | - 1,13 | 15 | 0,137 | n.b.  |
|                  | hoch              | 0,19 | 0,12 |        |    |       |       |

In der fachlichen Korrektheit der Relationen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden (Tab. 22).

**Tab. 22: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der fachlichen Korrektheit der Relationen im Begriffsnetz.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

|                          | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     |
|--------------------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|
| Korrektheit der Relation | niedrig           | 1,16 | 0,12 | - 1,31 | 15 | 0,106 |
|                          | hoch              | 1,23 | 0,09 |        |    |       |

Ebensowenig war im Fachgehalt der Relationen ein Unterschied zwischen den Gruppen vorhanden (Tab. 23).

**Tab. 23: Vergleich der Extremgruppen bezüglich des Fachgehalts der Relationen im Begriffsnetz.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

|                                | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     |
|--------------------------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|
| <b>Fachgehalt der Relation</b> | niedrig           | 0,29 | 0,03 | - 0,29 | 15 | 0,386 |
|                                | hoch              | 0,30 | 0,06 |        |    |       |

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Begriffsnetze von Schülern mit einem hohen Vernetzungsniveau im Unterricht insgesamt komplexer waren und mehr fachlich richtige Relationen enthielten. Die erstellten Relationen wiesen jedoch in beiden Gruppen einen niedrigen Fachgehalt auf.

Betrachtet man die Lernmotivation der Klassen, so konnten bezüglich der Skalen Fachinteresse und Abneigung signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Schüler aus Klassen mit einem hohen Vernetzungsniveau waren signifikant stärker am Biologieunterricht interessiert als Schüler aus Klassen mit einem niedrigen Vernetzungsniveau. Dies spiegelte sich zugleich in ihrer geringeren Abneigung zum Biologieunterricht wider (Tab. 24).

**Tab. 24: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Lernmotivation.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

| Skala                | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df    | p     | d      |
|----------------------|-------------------|------|------|--------|-------|-------|--------|
| <b>Fachinteresse</b> | niedrig           | 1,21 | 0,23 | - 2,83 | 13,39 | 0,007 | 1,33   |
|                      | hoch              | 1,62 | 0,37 |        |       |       |        |
| <b>Abneigung</b>     | niedrig           | 1,15 | 0,24 | 3,55   | 15    | 0,001 | - 1,71 |
|                      | hoch              | 0,78 | 0,19 |        |       |       |        |

In den übrigen Skalen zur Lernmotivation waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen vorhanden (Tab. 25).

**Tab. 25: Vergleich der Extremgruppen bezüglich der Lernmotivation.** Durchgeführt wurde ein einseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

| Skala                                | Vernetzungsniveau | M    | SD   | T      | df | p     |
|--------------------------------------|-------------------|------|------|--------|----|-------|
| <b>extrinsische Motivation</b>       | niedrig           | 1,28 | 0,12 | - 0,63 | 15 | 0,268 |
|                                      | hoch              | 1,31 | 0,11 |        |    |       |
| <b>intrinsische Motivation</b>       | niedrig           | 1,91 | 0,21 | - 0,90 | 15 | 0,190 |
|                                      | hoch              | 2,00 | 0,20 |        |    |       |
| <b>Anstrengungsbereitschaft</b>      | niedrig           | 2,25 | 0,19 | - 1,72 | 15 | 0,053 |
|                                      | hoch              | 2,39 | 0,17 |        |    |       |
| <b>Interesse auf Verhaltensebene</b> | niedrig           | 0,75 | 0,21 | - 0,76 | 15 | 0,229 |
|                                      | hoch              | 0,82 | 0,21 |        |    |       |

Um auszuschließen, dass die beobachteten Unterschiede zwischen hoch und niedrig vernetzenden Klassen in den Begriffsnetzen auf motivationale Faktoren zurückzuführen sind, wurde in einer weiteren Analyse das Fachinteresse als Kovariate berücksichtigt. Da Fachinteresse und Abneigung hoch miteinander korrelierten ( $r = -0,85$ ;  $N = 17$ ) und bei einer Korrelation von  $\geq 0,80$  zwischen zwei Kovariaten die Entfernung einer Kovariate empfohlen wird (vgl. Stevens, 1996, 320), wurde die Variable Abneigung bei der Berechnung der einfaktoriellen Kovarianzanalyse nicht weiter berücksichtigt.

Die Analyse ergab, dass ein signifikanter Einfluss des Vernetzungsniveaus auf die Anzahl generierter Relationen und die Anzahl richtiger Relationen auch nach Berücksichtigung des Fachinteresses vorhanden war (Tab. 26).

**Tab. 26: Ergebnis der einfaktoriellen Kovarianzanalyse mit der Lernleistung im Begriffsnetz als abhängige Variable, dem Vernetzungsniveau als unabhängige Variable und dem Fachinteresse als Kovariate.**

| Abhängige Variable                 | Varianzquelle     | Quadrat-summe | df | Mittel der Quadrate | F     | p     | Eta <sup>2</sup> |
|------------------------------------|-------------------|---------------|----|---------------------|-------|-------|------------------|
| <b>Anzahl Relationen</b>           | Fachinteresse     | 0,042         | 1  | 0,042               | 0,030 | 0,865 | 0,002            |
|                                    | Vernetzungsniveau | 9,782         | 1  | 9,782               | 7,051 | 0,019 | 0,335            |
|                                    | Fehler            | 19,424        | 14 | 1,387               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Anzahl richtiger Relationen</b> | Fachinteresse     | 0,641         | 1  | 0,641               | 0,398 | 0,538 | 0,028            |
|                                    | Vernetzungsniveau | 13,006        | 1  | 13,006              | 8,078 | 0,013 | 0,366            |
|                                    | Fehler            | 22,542        | 14 | 1,610               | ---   | ---   | ---              |

Weiterhin zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich der Dichte, der Dichte<sub>korrr</sub> und der Anzahl einfach verknüpfter Begriffe (Tab. 27).

**Tab. 27: Ergebnis der einfaktoriellen Kovarianzanalyse mit der Lernleistung im Begriffsnetz als abhängige Variable, dem Vernetzungsniveau als unabhängige Variable und dem Fachinteresse als Kovariate.**

| Abhängige Variable             | Varianzquelle     | Quadrat-summe | df | Mittel der Quadrate | F     | p     | Eta <sup>2</sup> |
|--------------------------------|-------------------|---------------|----|---------------------|-------|-------|------------------|
| <b>Dichte</b>                  | Fachinteresse     | 0,001         | 1  | 0,001               | 0,105 | 0,751 | 0,007            |
|                                | Vernetzungsniveau | 0,028         | 1  | 0,028               | 4,989 | 0,042 | 0,263            |
|                                | Fehler            | 0,080         | 14 | 0,006               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Dichte<sub>korrr</sub></b>  | Fachinteresse     | 0,004         | 1  | 0,004               | 0,487 | 0,497 | 0,034            |
|                                | Vernetzungsniveau | 0,054         | 1  | 0,054               | 6,807 | 0,021 | 0,327            |
|                                | Fehler            | 0,111         | 14 | 0,008               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Verknüpfungsgrad 1-fach</b> | Fachinteresse     | 1,297         | 1  | 1,297               | 2,379 | 0,145 | 0,145            |
|                                | Vernetzungsniveau | 3,208         | 1  | 3,208               | 5,886 | 0,029 | 0,296            |
|                                | Fehler            | 7,631         | 14 | 0,545               | ---   | ---   | ---              |



Keine signifikanten Unterschiede waren bezüglich der Anzahl Quervernetzungen, der Saliency, der Anzahl  $\geq 5$ -fach verknüpfter Begriffe und der Anzahl verwendeter Begriffe festzustellen (Tab. 28; Ergebnisse zu den übrigen Parametern siehe Tab. 38, Anhang F).

**Tab. 28: Ergebnis der einfaktoriellen Kovarianzanalyse mit der Leistung im Begriffsnetz als abhängige Variable, dem Vernetzungsniveau als unabhängige Variable und dem Fachinteresse als Kovariate.**

| Abhängige Variable                               | Varianzquelle     | Quadrat-summe | df | Mittel der Quadrate | F     | p     | Eta <sup>2</sup> |
|--|-------------------|---------------|----|---------------------|-------|-------|------------------|
| <b>Anzahl Quervernetzungen</b>                   | Fachinteresse     | 0,015         | 1  | 0,015               | 0,032 | 0,860 | 0,002            |
|  | Vernetzungsniveau | 1,513         | 1  | 1,513               | 3,207 | 0,095 | 0,186            |
|  | Fehler            | 6,604         | 14 | 0,472               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Saliency</b>                                  | Fachinteresse     | 0,003         | 1  | 0,003               | 0,540 | 0,475 | 0,037            |
|  | Vernetzungsniveau | 0,024         | 1  | 0,024               | 4,348 | 0,056 | 0,237            |
|  | Fehler            | 0,076         | 14 | 0,005               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Verknüpfungsgrad <math>\geq 5</math>-fach</b> | Fachinteresse     | 0,002         | 1  | 0,002               | 0,030 | 0,865 | 0,002            |
|  | Vernetzungsniveau | 0,199         | 1  | 0,199               | 3,301 | 0,091 | 0,191            |
|  | Fehler            | 0,843         | 14 | 0,060               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Anzahl Begriffe</b>                           | Fachinteresse     | 0,008         | 1  | 0,008               | 0,079 | 0,783 | 0,006            |
|  | Vernetzungsniveau | 0,478         | 1  | 0,478               | 4,566 | 0,051 | 0,246            |
|  | Fehler            | 1,464         | 14 | 0,105               | ---   | ---   | ---              |

#### 5.4.2 Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Lernmotivation

In weiteren Analysen wurden Zusammenhänge zwischen dem Vernetzungsniveau des Unterrichts und der Lernmotivation der Schüler erkundet. Diese wurden mit der Gesamtstichprobe von 47 Klassen durchgeführt. Es wurden geringe positive Korrelationen zwischen dem Vernetzungsniveau und dem mittleren Fachinteresse ( $r = 0,34$ ;  $p = 0,009$ ) sowie der mittleren Anstrengungsbereitschaft ( $r = 0,28$ ;  $p = 0,026$ ) festgestellt. Eine geringe negative Korrelation bestand zwischen dem Vernetzungsniveau und der mittleren Abneigung ( $r = -0,39$ ;  $p = 0,003$ ; Tab. 29).

**Tab. 29: Korrelation zwischen dem Vernetzungsniveau des Biologieunterrichts und der Lernmotivation (N = 47).**

| Skala                         | r         | p     | N  |
|-------------------------------|-----------|-------|----|
| extrinsische Motivation       | 0,015     | 0,460 | 47 |
| intrinsische Motivation       | 0,113     | 0,225 | 47 |
| Fachinteresse                 | 0,343**   | 0,009 | 47 |
| Interesse auf Verhaltensebene | 0,132     | 0,188 | 47 |
| Anstrengungsbereitschaft      | 0,284*    | 0,026 | 47 |
| Abneigung                     | - 0,392** | 0,003 | 47 |

Biologieunterricht, in dem ein hohes Vernetzungsniveau vorherrscht, geht demnach mit einem ausgeprägteren Fachinteresse, einer höheren Anstrengungsbereitschaft und einer geringeren Abneigung bei den Schülern einher.

## 5.5 Explorative Analysen

### 5.5.1 Beschreibung des Biologieunterrichts innerhalb der Extremgruppen

Es wurden Unterschiedsanalysen durchgeführt, in denen das Vernetzungsniveau der Lehrer- und Schüleräußerungen innerhalb der jeweiligen Extremgruppe näher untersucht wurde. Während in den niedrig vernetzenden Klassen im Vernetzungsniveau zwischen Lehrer- und Schüleräußerungen kein Unterschied bestand, wiesen die Äußerungen der Schüler in den hoch vernetzenden Klassen ein höheres Vernetzungsniveau als das der Lehrer auf (Tab. 30). Die Lehrer erwarteten von ihren Schülern offenbar eine hohe Vernetzungsleistung bzw. waren in der Lage, diese bei ihren Schülern verstärkt anzuregen.

**Tab. 30: Vergleich des Vernetzungsniveaus der Lehrer- und Schüleräußerungen in den jeweiligen Extremgruppen (n = 8 bzw. n = 9).** Durchgeführt wurde ein zweiseitiger t-Test für unabhängige Stichproben. In den hoch vernetzenden Klassen besteht ein signifikanter Unterschied zwischen dem Vernetzungsniveau der Lehrer- und der Schüleräußerungen.

| Gruppe     | Vernetzungsniveau der Äußerung | M    | SD   | T      | df | p     |
|------------|--------------------------------|------|------|--------|----|-------|
| <b>nVn</b> | Lehrer                         | 1,08 | 0,04 | 0,719  | 14 | 0,484 |
|            | Schüler                        | 1,07 | 0,04 |        |    |       |
| <b>hVn</b> | Lehrer                         | 1,41 | 0,08 | -2,354 | 16 | 0,032 |
|            | Schüler                        | 1,49 | 0,07 |        |    |       |

In beiden Extremgruppen bestand kein signifikanter Unterschied im prozentualen Redeanteil zwischen Lehrer und Schüler ( $p_{nVn} = 0,334$  bzw.  $p_{hVn} = 0,283$ ; Tab. 31).

**Tab. 31: Vergleich des prozentualen Redeanteils der Lehrer- und Schüleräußerungen innerhalb der Extremgruppen (n = 8 bzw. n = 9).** Es bestehen keine signifikanten Unterschiede.

| Gruppe     | prozentualer Redeanteil | M     | SD    | T      | df | p     |
|------------|-------------------------|-------|-------|--------|----|-------|
| <b>nVn</b> | Lehrer                  | 51,98 | 7,90  | 1,001  | 14 | 0,334 |
|            | Schüler                 | 48,02 | 7,90  |        |    |       |
| <b>hVn</b> | Lehrer                  | 46,92 | 11,77 | -1,110 | 16 | 0,283 |
|            | Schüler                 | 53,08 | 11,77 |        |    |       |

In beiden Extremgruppen waren Aussagen und Fragen vom Lehrer zu ähnlichen Anteilen geäußert worden (Tab. 32).

**Tab. 32: Vergleich des prozentualen Anteils an Aussagen und Fragen in den Lehreräußerungen innerhalb der Extremgruppen (n = 8 bzw. n = 9).** Es bestehen keine signifikanten Unterschiede.

|               | Gruppe     | Art der Äußerung | M     | SD    | T      | df | p     |
|---------------|------------|------------------|-------|-------|--------|----|-------|
| <b>Lehrer</b> | <b>nVn</b> | Aussage          | 49,89 | 20,57 | -0,021 | 14 | 0,983 |
|               |            | Frage            | 50,11 | 20,57 |        |    |       |
|               | <b>hVn</b> | Aussage          | 46,79 | 13,33 | -1,023 | 16 | 0,321 |
|               |            | Frage            | 53,21 | 13,33 |        |    |       |

Von den Schülern wurden sowohl in den niedrig als auch den hoch vernetzenden Klassen signifikant mehr Aussagen gemacht als Fragen gestellt (Tab. 33).

**Tab. 33: Vergleich des prozentualen Anteils an Aussagen und Fragen in den Schüleräußerungen innerhalb der Extremgruppen (n = 8 bzw. n = 9).** Es bestehen signifikante Unterschiede.

|                | Gruppe     | Art der Äußerung | M     | SD   | T      | df | p     |
|----------------|------------|------------------|-------|------|--------|----|-------|
| <b>Schüler</b> | <b>nVn</b> | Aussage          | 93,78 | 5,51 | 31,778 | 14 | 0,001 |
|                |            | Frage            | 6,22  | 5,51 |        |    |       |
|                | <b>hVn</b> | Aussage          | 95,86 | 3,55 | 54,855 | 16 | 0,001 |
|                |            | Frage            | 4,14  | 3,55 |        |    |       |

### 5.5.2 Zusammenhänge zwischen und innerhalb der Messinstrumente

Weiterhin wurden etwaige Zusammenhänge zwischen den Instrumenten der Leistungsmessung untersucht.

#### 5.5.2.1 Zusammenhänge zwischen dem Leistungstest und den Begriffsnetzparametern

Zwischen den beiden Messinstrumenten zur Erfassung der Schülerleistung (Leistungstest und Begriffsnetz) bestanden geringe Zusammenhänge. So ließ sich eine positive Korrelation zwischen der erreichten Punktzahl im Leistungstest (post) und der Korrektheit ( $r = 0,22$ ;  $p \leq 0,001$ ) sowie dem Fachgehalt ( $r = 0,24$ ,  $p \leq 0,001$ ) der Relationen im Begriffsnetz feststellen (Tab. 34). Schüler, die einen höheren Punktwert im Leistungstest erreichten, generierten auch eher richtige Relationen sowie Relationen mit einem höheren Fachgehalt. Die übrigen Parameter zeigten positive, aber geringe Zusammenhänge mit der Punktzahl im Leistungstest (Tab. 34). Ähnlich geringe Korrelationen ergaben sich, wenn nur die Begriffe zum Thema Blut und Blutkreislauf betrachtet wurden.

**Tab. 34: Korrelation zwischen der erreichten Punktzahl im Leistungstest (post) und den Begriffsnetzparametern.**

| Begriffsnetzparameter                              | r          | p     | N   |
|--|------------|-------|-----|
| Anzahl Relationen                                  | 0,181***   | 0,001 | 911 |
| Korrektheit  | 0,222***   | 0,001 | 911 |
| Fachgehalt   | 0,241***   | 0,001 | 911 |
| Anzahl Begriffe                                    | 0,150***   | 0,001 | 911 |
| Anzahl Netze                                       | - 0,175*** | 0,001 | 911 |
| Dichte   | 0,156***   | 0,001 | 911 |
| Anzahl richtiger Relationen                        | 0,276***   | 0,001 | 905 |
| Anzahl Relationen innerhalb Blut und Blutkreislauf | 0,188***   | 0,001 | 911 |
| Anzahl Quervernetzung Atmung                       | 0,041      | 0,118 | 855 |
| Anzahl Quervernetzung Bewegung                     | 0,064      | 0,061 | 582 |
| Anzahl Quervernetzung Verdauung/ Energie           | -0,069*    | 0,026 | 790 |
| Anzahl Quervernetzung Immunsystem                  | 0,018      | 0,295 | 856 |

### 5.5.2.2 Zusammenhänge zwischen den Begriffsnetzparametern

Es ist zu erwarten, dass einige Parameter des Begriffsnetzes miteinander korrelieren. So ließen sich mittlere bis sehr hohe positive Korrelationen zwischen der Anzahl Relationen und der Anzahl verwendeter Begriffe, der Anzahl  $\geq 5$ -fach verknüpfter Begriffe sowie der Dichte feststellen (Tab. 35). Weiterhin existierten mittlere negative Korrelationen zwischen der Anzahl Relationen und der Anzahl einfach verknüpfter Begriffe sowie der Anzahl Netze. Ein mittlerer negativer Zusammenhang ließ sich zwischen der Dichte und der Anzahl Netze sowie der Anzahl einfach verknüpfter Begriffe konstatieren. Die Anzahl  $\geq 5$ -fach verknüpfter Begriffe korrelierte positiv mit der Dichte des Begriffsnetzes. Ein sehr großer ebenfalls positiver Zusammenhang bestand zwischen der Salience und der Korrektheit der Relationen.

Auffällig ist die positive Korrelation zwischen der Dichte und der Anzahl verwendeter Begriffe ( $r = 0,340$ ;  $p \leq 0,001$ ). Zu erwarten wäre ein negativer Zusammenhang, da die Parameter in einem umgekehrt proportionalen Verhältnis zueinander stehen. Die positive Korrelation kommt aufgrund einer Konfundierung zustande, dass beide Parameter hoch mit

der Anzahl der Relationen zusammenhängen (vgl. Friege & Lind, unveröff.). Nach Herausparsialisierung dieses Begriffsnetzparameters (Anzahl Relationen) bestand zwischen der Anzahl verwendeter Begriffe und der Dichte in der Tat ein hoch negativer Zusammenhang von  $r = -0,938$  ( $p \leq 0,001$ ). Ein ähnliches Ergebnis ließ sich bezüglich der positiven Korrelation zwischen der Anzahl  $\geq 5$ -fach verknüpfter Begriffe und der Anzahl verwendeter Begriffe feststellen ( $r = 0,193$ ;  $p \leq 0,001$ ). Nach Herausparsialisierung der Anzahl Relationen war auch hier ein negativer Zusammenhang zu verzeichnen ( $r = -0,370$ ;  $p \leq 0,001$ ).

**Tab. 35: Korrelation zwischen den Begriffsnetzparametern (N = 956).**

| Parameter  | (1)                         | (2)                         | (3)                        | (4)                         | (5)                         | (6)                         | (7)                        | (8)                        |
|--|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| (1)<br>Anzahl<br>Relationen                                |                             |                             |                            |                             |                             |                             |                            |                            |
| (2)<br>Korrektheit<br>der Relation                         | 0,104***<br>$p = 0,001$     |                             |                            |                             |                             |                             |                            |                            |
| (3)<br>Fachgehalt<br>der Relation                          | 0,019<br>$p = 0,563$        | 0,333***<br>$p \leq 0,001$  |                            |                             |                             |                             |                            |                            |
| (4)<br>Anzahl Netze  | -0,547***<br>$p \leq 0,001$ | -0,097**<br>$p = 0,003$     | -0,012<br>$p = 0,713$      |                             |                             |                             |                            |                            |
| (5)<br>Anzahl 1-fach<br>verknüpfter<br>Begriffe            | -0,699***<br>$p \leq 0,001$ | -0,037<br>$p = 0,258$       | -0,008<br>$p = 0,794$      | 0,429***<br>$p \leq 0,001$  |                             |                             |                            |                            |
| (6)<br>Anzahl<br>$\geq 5$ -fach<br>verknüpfter<br>Begriffe | 0,578***<br>$p \leq 0,001$  | 0,180***<br>$p \leq 0,001$  | -0,041<br>$p = 0,208$      | -0,365***<br>$p \leq 0,001$ | -0,261***<br>$p \leq 0,001$ |                             |                            |                            |
| (7)<br>Anzahl<br>Begriffe                                  | 0,563***<br>$p \leq 0,001$  | -0,039<br>$p = 0,223$       | 0,045<br>$p = 0,163$       | -0,304***<br>$p \leq 0,001$ | -0,161***<br>$p \leq 0,001$ | 0,193***<br>$p \leq 0,001$  |                            |                            |
| (8)<br>Dichte  | 0,952***<br>$p \leq 0,001$  | 0,118 ***<br>$p \leq 0,001$ | 0,004<br>$p = 0,910$       | -0,570***<br>$p \leq 0,001$ | -0,761***<br>$p \leq 0,001$ | 0,605 ***<br>$p \leq 0,001$ | 0,340***<br>$p \leq 0,001$ |                            |
| (9)<br>Salience  | 0,121***<br>$p \leq 0,001$  | 0,905***<br>$p \leq 0,001$  | 0,242***<br>$p \leq 0,001$ | -0,099**<br>$p = 0,002$     | -0,043<br>$p = 0,189$       | 0,190***<br>$p \leq 0,001$  | 0,071*<br>$p = 0,029$      | 0,122***<br>$p \leq 0,001$ |

## 6 Diskussion

### 6.1 Bedeutung der Studie

Die Schüler in Deutschland haben in den internationalen Vergleichsstudien TIMSS und PISA nur unbefriedigende Leistungen erzielt (z.B. Baumert et al., 1998, 2001). Als eine Erklärung für den geringen Lernerfolg wird angeführt, dass im Naturwissenschaftsunterricht zu wenig kumulativ gelernt wird. Einzelne Wissensselemente werden zwar angehäuft, aber nicht ausreichend miteinander vernetzt, so dass ein weitgehend additives statt kumulatives Lernen stattfindet. Die Forderung, fachliche Inhaltselemente verstärkt miteinander zu vernetzen, um dadurch beim Schüler die Ausbildung grundlegender, vernetzter Wissensstrukturen zu erreichen, stellt einen bedeutsamen Aspekt der Bildungsstandards dar und ist bereits ein wichtiger Bestandteil des Kernlehrplans Biologie in Nordrhein-Westfalen.

Trotz dieser Entwicklungen liegen für den Biologieunterricht jedoch kaum empirische Erkenntnisse über Vernetzung und ihre Bedeutung für kumulatives Lernen vor. In der vorliegenden Arbeit wurden daher in der Literatur dargestellte Konstrukte zu Vernetzung und kumulativem Lernen überprüft, integriert und zu einem Kategoriensystem zur Erfassung von inhaltlicher Vernetzung im Biologieunterricht weiterentwickelt. Das Kategoriensystem umfasste die Variablen *Vernetzungsniveau* und *-aktivität*, *Herkunft des fachlichen Vorwissens*, *Herstellung von inhaltlichen Bezügen zu vergangenen und zukünftigen Unterrichtsinhalten, der Lebenswelt und anderen Fächern*, *Umgang mit Schülerbeiträgen* und *Weitergehende Denkprozesse*.

In einer deskriptiven Studie wurden Schulklassen der 9. Jahrgangsstufe an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen videografiert und erstmals Biologieunterricht hinsichtlich seiner Vernetzung anhand des erstellten Kategoriensystems analysiert und beschrieben. Die vorliegende Studie stellt damit die diesbezüglich erste großflächige Untersuchung deutschen Biologieunterrichts dar.

In inferenzstatistischen Analysen wurde darüber hinaus die Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Lernleistung der Schüler überprüft. Dabei wurden sowohl ihr Faktenwissen als auch ihre Wissensstruktur erfasst. Ferner wurden Zusammenhänge zwischen dem Vernetzungsniveau und der Lernmotivation der Schüler ermittelt.

Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse unter Bezugnahme auf die eingangs aufgestellten Forschungsfragen und Hypothesen diskutiert. Zunächst werden die deskriptiven

Befunde der Studie diskutiert; danach folgt die Diskussion zu den inferenzstatistischen Analysen. Dabei wird Bezug auf andere Studien genommen, bei denen jedoch aufgrund der unterschiedlichen Operationalisierung und methodischen Vorgehensweisen, nicht von einer direkten Vergleichbarkeit mit den hier vorliegenden Befunden ausgegangen werden sollte. Die videobasierte Unterrichtsanalyse und das eingesetzte Begriffsnetzverfahren werden kritisch beleuchtet. Es werden Konsequenzen für den Biologieunterricht anhand der Ergebnisse abgeleitet und, mit Blick auf zukünftige Studien, abschließende Überlegungen angestellt.

## **6.2 Inhaltliche Diskussion**

### **6.2.1 Vernetzung im Biologieunterricht**

Die deskriptive Analyse hat gezeigt, dass im Biologieunterricht kaum Vernetzung stattfindet (Hypothese 1). Dies trifft sowohl auf vertikale als auch auf innerbiologische Aspekte der Vernetzung zu.

Bei der Analyse der Videos konnte festgestellt werden, dass im Biologieunterricht von Lehrern und Schülern vornehmlich *Fakten* geäußert werden. Sie machten etwa 72 % der fachlichen Gesamtäußerungen aus. Eine Verknüpfung von fachlichen Inhaltselementen und das Herstellen von *Zusammenhängen* fand kaum statt. Vollständige Argumentationsketten wurden von den Lehrern und Schülern nur vereinzelt erbracht (etwa 2 % der fachlichen Gesamtäußerungen). Ein ähnliches Ergebnis zeigte sich in einer Studie zum Physikunterricht der Sekundarstufe I, in der in sechs Klassen je zwei Unterrichtsstunden gefilmt wurden (Seidel, 2003). Auch hier nahmen *Fakten* und *Begriffe* im Vergleich zu den übrigen aufgestellten neun Kategorien einen vergleichsweise hohen Stellenwert ein.

Die deskriptiven Befunde zeigten ferner, dass *übergeordnete Konzepte* zur Strukturierung des videografierten Biologieunterrichts nur vereinzelt eingesetzt wurden (0,2 Mal pro Unterrichtsstunde und Klasse). In der oben erwähnten Studie zum Physikunterricht nahm die Kategorie *Herausstellen eines Prinzips* in den Lehrer- und Schüleräußerungen ebenfalls eine geringe Rolle im Unterricht ein ( $M = 0,6$  Minuten). In keiner der videografierten Unterrichtsstunden wurden andere Strukturierungshilfen, wie Mind maps oder Begriffsnetze, die ebenfalls vernetztes Wissen befördern können (z.B. Okebukola, 1990 und Wallace & Mintzes, 1990), verwendet.



Diese Befunde sind insofern bemerkenswert, als dass die meisten Biologielehrer (47 %) auf die Frage, was wesentliche Ziele eines guten Biologieunterrichts sind, als erste Priorität aus fünf Auswahlmöglichkeiten angaben, „vernetztes Denken schaffen“ zu wollen. Lediglich 7 % der Lehrer betrachteten die „Vermittlung von Faktenwissen“ als wichtigstes Ziel von Unterricht (Neuhaus & Vogt, 2008).

Im untersuchten Biologieunterricht war zu beobachten, dass die Vermittlung von Fakten im Vordergrund stand. Obgleich Faktenwissen eine Basis und notwendige Bedingung für die Generierung von Zusammenhängen darstellt, ist eine verstärkte Vernetzung der Fachinformationen eine wichtige Voraussetzung für die Ausbildung vernetzter Wissensstrukturen. Dies ist insbesondere mit Blick auf ein Ergebnis der PISA Studie relevant, nach dem mehr als ein Viertel der Schüler lediglich die unterste Stufe naturwissenschaftlicher Grundbildung, was der Fähigkeit entspricht, einfaches Faktenwissen wiederzugeben, erreichte (Prenzel et al., 2001, 235). Die vorliegende Studie gibt einen Hinweis darauf, dass dies womöglich auf den vornehmlich faktenorientierten Unterricht zurückgeführt werden kann.

Es stellt sich die Frage, wie inhaltliche Vernetzung im Unterricht gefördert werden kann. Um ein optimales Lernergebnis zu erreichen, sollte das Vernetzungsniveau zwischen dem Lehrer und seinen Schülern möglichst gut aufeinander abgestimmt sein, was im hier beobachteten Biologieunterricht der Fall gewesen war. In den Klassen mit einem hohen Vernetzungsniveau im Unterricht gelang es den Biologielehrern sogar, bei ihren Schülern ein Vernetzungsniveau zu erreichen, das ihr eigenes überstieg. Die Lehrer forderten von ihren Schülern offensichtlich ein hohes Niveau ein und die Schüler waren auch in der Lage und bereit, dieses zu erbringen.

Das Erfahren von Kompetenzzuwachs und das Wahrnehmen der Bedeutsamkeit der Lerninhalte werden als wichtige Voraussetzungen für die Ausbildung einer positiven und längerfristigen Lernmotivation erachtet. Eine Forderung vernetzenden Unterrichts besteht daher auch darin, bereits gelernte Inhalte für weiteres Lernen bewusst und anwendbar zu machen. Im videografierten Biologieunterricht fand der *Abruf von Vorwissen* im Mittel 11 Mal pro Unterrichtsstunde statt (etwa 9 % der fachlichen Gesamtäußerungen). Dabei wurde zumeist Vorwissen aus der letzten Unterrichtsstunde reaktiviert (annähernd 31 %). Die Vernetzungsaktivität *erinnern* spielte demnach eine eher untergeordnete Rolle im Unterricht. In einer Studie zum Physikunterricht (Seidel, 2003) wurde in den Gesamtäußerungen, im Vergleich zu den übrigen neun Kategorien, ebenfalls kaum Vorwissen eingebracht ( $M = 0,7$  Minuten). In Anbetracht der Bedeutsamkeit vorhandener Wissensbestände für aufeinander aufbauende, kumulative Lernprozesse und das Erfahren von Kompetenzzuwachs müssen auch

hier Konsequenzen für den Unterricht gezogen werden. So ist nicht nur eine verstärkter Abruf des Vorwissens, sondern insbesondere die Relevanz dieses Wissens für nachfolgendes Lernen bewusst zu machen, beispielsweise durch die Nutzung dieses Wissens im aktuellen Unterricht für neue Frage- oder Problemstellungen. Derartige Bezüge zu vergangenen Fachinhalten wurden im Biologieunterricht allerdings nur selten und lediglich in 26 der 47 videografierten Klassen hergestellt ( $M = 2,5$  Mal pro Unterrichtsstunde und Klasse). Bezogen auf die Gesamtstichprobe von 47 Klassen entspricht dies im Mittel nur etwa 1 Mal pro Unterrichtsstunde. Diese Befunde bestätigen die Problematik einer zu geringen Kumulativität des Naturwissenschaftsunterrichts (vgl. BLK, 1997, 78). Fachinhalte werden zwar wiederholt, aber kaum mit dem neuen Lernstoff der aktuellen Stunde verknüpft, so dass sowohl ein kumulativer Wissensaufbau als auch das Erleben von Kompetenzzuwachs behindert wird. Ähnliche Ergebnisse wurden in der erwähnten Studie zum Physikunterricht (hier nahm die Verknüpfung von Fachinhalten im Mittel etwa eine Minute der Unterrichtsstunde ein) und der TIMSS Videostudie für den deutschen Mathematikunterricht festgestellt, in der ebenfalls in nur 55 % der Klassen explizit Vernetzungen zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt hergestellt wurden (Stigler et al., 1999). In den identifizierten Mustern von Unterricht ist deutscher Mathematikunterricht unter anderem dadurch charakterisiert, dass zu Beginn der Stunde gelernte Fachinhalte wiederholt und danach der neu zu erarbeitende Lernstoff präsentiert wird. Im Gegensatz dazu wird im japanischen Mathematikunterricht Gelerntes ebenfalls wiederholt, aber der neue Unterrichtsinhalt an dem in vorigen Stunden gelernten Inhalten angeknüpft und auf diesen aufgebaut. Japanischer Mathematikunterricht hat sich in der Vergleichsstudie als sehr erfolgreich herausgestellt. Auch im Biologieunterricht sollten daher Lerninhalte verstärkt miteinander verknüpft werden, um die Ausbildung und Entwicklung vernetzten Wissens und das Erleben von Kompetenzzuwachs zu fördern. Diesbezügliche Möglichkeiten sollten verstärkt Teil der Lehrerbildung werden.

Eine weitere Forderung vernetzenden Unterrichts besteht darin, dem Schüler die Relevanz und Bedeutsamkeit der Fachinhalte zu verdeutlichen. Im videografierten Unterricht wurde im Mittel 5 Mal pro Unterrichtsstunde ein Bezug zur Lebenswelt hergestellt. Inhaltliche Bezüge zu einem anderen Fach wurden nur 6 Mal in lediglich 5 der 47 Klassen hergestellt. Mit Blick auf einen weiteren Problembereich des Naturwissenschaftsunterrichts, die mangelnde horizontale Vernetzung, d.h. die Verknüpfung biologischer Themen mit Inhalten anderer Fächer, besteht für den Biologieunterricht auch hier ein Handlungsbedarf.

Eine aktive Verarbeitung und Integration fachlicher Inhaltselemente durch den Schüler stellt eine weitere, wichtige Form der Vernetzung dar. Die Ergebnisse der Videoanalyse zeigten jedoch, dass Lerninhalte von den Schülern nur selten explizit im Unterricht elaboriert werden (Variable *Weitergehende Denkprozesse*). Für diesen Befund sind unterschiedliche Gründe denkbar, die im Folgenden aufgezeigt werden.

Bevor ein Schüler Fragen aufwerfen oder weiterführende Kommentare abgeben kann, muss er zunächst den Lerninhalt nachvollzogen und die einzelnen Elemente miteinander und mit bereits erarbeiteten Inhalten oder seinem Vorwissen in Beziehung gesetzt haben (vgl. King, 1994). Dies setzt das Durchlaufen anspruchsvoller kognitiver Prozesse voraus. Bei Schülern, die, wie in dieser Studie, über ein eher geringes Vorwissen verfügen, ist davon auszugehen, dass sie sich zunächst eine geeignete kognitive Struktur aufbauen müssen, bevor weitergehende Denkprozesse adäquat formuliert werden können (vgl. Miyake & Norman, 1979). Die Schüler verwenden die Zeit, die sie sich mit dem Fachinhalt befassten, offenbar eher dazu, diesen nachzuvollziehen und sich eine Wissensbasis aufzubauen.

Nach Meinung von Holzkamp (1991, 1993) liegt ein weiterer Grund dafür, dass Schüler wenig eigene Fragen aufwerfen, in der Lehrerfrage begründet, welche die Schülerfrage verhindert. In der vorliegenden Studie waren die Redeanteile von Lehrer und Schülern zwar vergleichsweise ausgewogen (Redeanteil der Schüler etwa 48 %). Jedoch stellten die Lehrer in 48 % ihrer Äußerungen Fragen, die von den Schülern zu beantworten waren. Im Vergleich dazu wurden von Schülern lediglich in knapp 6 % ihrer Äußerungen Fragen hervorgebracht. Dabei sind Schüler durchaus in der Lage, komplexe Fragen zu stellen. Kritisiert wird jedoch, dass diese selten zum Ausgangspunkt des Lernens gemacht, sondern vielmehr durch den Lehrer eingeschränkt werden (Scardamalia & Bereiter, 1992).

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit auf, Schüler durch geeignete Lerngelegenheiten verstärkt zu einer elaborativen Verarbeitung biologischer Fachinhalte anzuregen und ihre weitergehenden Denkprozesse aktiv in den Biologieunterricht zu integrieren. Es hat sich in diversen Studien gezeigt, dass das Fragenstellen mit Schülern geübt und dadurch bessere Lerneffekte erreicht werden können (z.B. King, 1992a; King et al., 1998). Die Formulierung von Fragen oder das Treffen von Vorhersagen über mögliche weitere Inhalte ist Bestandteil eines erfolgreichen Programms (*reciprocal teaching*) zur Verständnisförderung von Lerninhalten (Palinscar & Brown, 1984). Es ist davon auszugehen, dass weitergehende Denkprozesse insbesondere dann vom Schüler geäußert werden können, wenn der Unterrichtsstoff vom Lehrer effizient strukturiert und vernetzt dargeboten wird.

Zudem ist anzunehmen, dass auch durch das Verdeutlichen der Relevanz des zu lernenden Fachinhalts, z.B. durch einen Bezug zur Lebenswelt der Schüler, Elaborationen vermehrt angeregt werden können.

Die geringe Vernetzung im Biologieunterricht spiegelte sich auch in den Begriffsnetzen der Schüler wider. So wurden von den Schülern zwar hauptsächlich netzartige Begriffsnetze erstellt (49 %). Verknüpfungen von Begriffen des Themengebiets Blut und Blutkreislauf zu den Bereichen Atmung, Bewegung, Verdauung/ Energie und Immunsystem wurden mit im Mittel 5 Relationen jedoch eher selten realisiert ( $SD = 2,0$ ). Von diesen Quervernetzungen waren lediglich 28 % fachlich richtig. Problematisch ist auch der Befund, dass die meisten Relationen einen niedrigen Fachgehalt aufwiesen (71 %). Soll die inhaltliche Qualität der Wissensstrukturen erhöht werden, ist es demnach notwendig, auch die Qualität der Vernetzung im Biologieunterricht zu verbessern.

### **6.2.2 Bedeutung des Vernetzungsniveaus im Biologieunterricht für kumulatives Lernen**

Es wurden Klassen identifiziert, die im Biologieunterricht ein hohes und solche, die ein niedriges Vernetzungsniveau erzielten. Diese Gruppen wurden hinsichtlich ihrer Lernleistung untersucht und miteinander verglichen.

#### **6.2.2.1 Bedeutung des Vernetzungsniveaus für den Zuwachs im Faktenwissen**

Nach der semantischen Netzwerktheorie kann die Behaltensleistung von Informationen durch Vernetzung und Kategorisierung der Gedächtnisinhalte verbessert werden (z.B. Postman, 1972; Weinstein & Mayer, 1986; Steiner, 2006). So wurde postuliert, dass Schüler mit einem hohen Vernetzungsniveau im Unterricht mehr Faktenwissen abrufen können als Schüler mit einem niedrigen Vernetzungsniveau. Die Unterschiedsanalyse ergab jedoch, dass sich die beiden Gruppen bezüglich des Wissenszuwachses im Leistungstest nicht signifikant voneinander unterschieden. Hypothese 2.1, wonach Schüler mit einem hohen Vernetzungsniveau im Unterricht einen höheren Zuwachs im Faktenwissen aufweisen als Schüler mit einem niedrigen Vernetzungsniveau, konnte demnach nicht bestätigt werden.

Für dieses unerwartete Ergebnis sind mehrere Erklärungen denkbar. Es ist möglich, dass durch den zeitnahen Einsatz des Leistungstests nach der Unterrichtseinheit positive Effekte einer stärker vernetzten Wissensstruktur auf die Behaltens- und Abrufleistung im Faktenwissen verdeckt worden sind. Durch den Einsatz des Nachtests zeitnah nach der

Unterrichtseinheit sollten mögliche fremde Einflüsse eingeschränkt werden. Ein Vortest-Nachtest-Follow-up Design hätte die Zeit- und Testbelastung der Schüler und Lehrer vermutlich überstiegen und eventuell zu einem Motivationsabfall und damit zu einer Einschränkung der Aussagekraft der Daten geführt.

Eine weitere Erklärung für den Befund kann im geschlossenen Antwortformat des eingesetzten Leistungstests begründet sein. So wird der Vorteil einer stärker vernetzten Wissensbasis für den Abruf von Kenntnissen durch die Verwendung von Multiple-Choice-Aufgaben im Leistungstest möglicherweise verdeckt. Neber (1999) hat in einer Untersuchung zu einem Fragetraining ein ähnliches Ergebnis festgestellt. Der lernförderliche Effekt wissensgenerierender Fragen zeigte sich in wenig vorstrukturierten (freies Erklären), aber nicht in Multiple-Choice-Aufgaben.

#### **6.2.2.2 Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Ausbildung deklarativer Wissensstrukturen**

Es wurde postuliert, dass ein hohes Vernetzungsniveau im Biologieunterricht auch zu einer stärkeren Vernetztheit der Wissensstruktur der Schüler führt. Die Unterschiedsanalysen zeigten, dass Schüler mit einem hohen Vernetzungsniveau im Biologieunterricht insgesamt komplexere Begriffsnetze erstellen als Schüler mit einem niedrigen Vernetzungsniveau. So generierten jene Klassen, auch nach Berücksichtigung des Fachinteresses, signifikant mehr Relationen ( $p = 0,019$ ). Diese waren zudem häufiger fachlich richtig. Ihre Begriffsnetze wiesen auch eine signifikant höhere Dichte auf, wobei signifikant weniger 1-fach verknüpfter Begriffe vorhanden waren ( $p = 0,029$ ). Hypothese 2.2a, wonach Schüler mit einem hohen Vernetzungsniveau im Unterricht eine stärker vernetzte Wissensstruktur aufweisen als Schüler mit einem niedrigen Vernetzungsniveau, konnte demnach bezüglich der oben genannten Begriffsnetzparameter bestätigt werden. Auch andere Studien zeigten, dass die Ausbildung vernetzter Wissensstrukturen durch Unterricht gefördert werden kann. So ließ beispielsweise Shavelson (1972) Schüler im Physikunterricht Schlüsselbegriffe und die diesen am nächsten liegenden Begriffe notieren. Er verglich die erstellten Anordnungen mit der Lehrstoffstruktur und stellte fest, dass die Wissensstrukturen der Schüler zunehmend dichter und komplexer wurden und sich der eigentlichen Lehrstoffstruktur annäherten. Anders als in dieser Untersuchung waren von den Schülern aber keine Zusammenhänge zwischen den Begriffen herzustellen.

Hinsichtlich der übrigen untersuchten Begriffsnetzparametern konnten keine oder nur tendenziell signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Es wurde ferner postuliert, dass sich ein hohes Vernetzungsniveau auch in einer höheren Qualität der Wissensstrukturen im Begriffsnetz widerspiegelt. In der inhaltlichen Qualität der Relationen, d.h. ihrer fachlichen Korrektheit und ihrem Fachgehalt, konnten jedoch keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Hypothese 2.2b, wonach Schüler mit einem hohen Vernetzungsniveau im Unterricht höherwertige Wissensstrukturen aufweisen als Schüler mit einem niedrigen Vernetzungsniveau, konnte demnach nicht bestätigt werden.

Ein ähnliches Ergebnis zeigt eine Untersuchung von Weber (2003), in der Klassen nach einem Unterrichtskonzept unterrichtet worden sind, mit dem kumulative Lernprozesse gefördert werden sollen. Die Schüler der Experimentalklassen zeigten im Vergleich zur Kontrollgruppe besser strukturierte Begriffsnetze. Diese Unterschiede waren auch noch längere Zeit nach der Intervention vorhanden. In der inhaltlichen Qualität der Relationen waren jedoch, ähnlich wie auch in dieser Studie, keine Unterschiede zwischen den Gruppen vorhanden.

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass in den Begriffsnetzen die biologischen Fachbegriffe von Schülern aus den hoch vernetzenden Klassen insgesamt stärker miteinander verknüpft worden waren. Im Wissenszuwachs war zwischen den beiden Gruppen jedoch kein Unterschied vorhanden. Der hier eingesetzte Leistungstest testete das Faktenwissen der Schüler zu einer abgegrenzten Thematik relativ zeitnah nach der erteilten Unterrichtseinheit. Im Gegensatz dazu wurde mit dem Begriffsnetz Wissen über Zusammenhänge innerhalb des Themengebiets Blut und Blutkreislauf und darüber hinaus Kenntnisse über Zusammenhänge zu den ebenfalls im Unterricht zu behandelnden Themenbereichen Atmung, Bewegung, Verdauung/ Energie und Immunsystem überprüft. In diesem Zusammenhang wird der Blick auf eine übliche Praxis der Lernerfolgsüberprüfung in der Schule gelenkt. Fachinhalte werden nicht nur vornehmlich als in sich geschlossene Einheiten unterrichtet, sondern auch in dieser Weise abgeprüft. Das Vernetzen der einzelnen fachlichen Inhalte sind selten Gegenstand der Lernerfolgsmessung und werden, wie hier festgestellt, auch kaum zum Unterrichtsgegenstand gemacht.

### 6.2.3 Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Lernmotivation

Es ließ sich zwischen dem Vernetzungsniveau im Biologieunterricht und der Lernmotivation der Schüler ein positiver Zusammenhang feststellen. Zwischen dem Vernetzungsniveau und dem Fachinteresse sowie der Anstrengungsbereitschaft bestand eine signifikante positive Korrelation ( $r = 0,343$ ,  $p = 0,009$  bzw.  $r = 0,284$ ,  $p = 0,026$ ). Die Abneigung der Schüler korrelierte signifikant negativ mit dem Vernetzungsniveau ( $r = -0,392$ ,  $p = 0,003$ ). Hypothese 3, in der postuliert wurde, dass das Vernetzungsniveau im Biologieunterricht in einem positiven Zusammenhang zur Lernmotivation der Schüler steht, hat sich für die Konstrukte Fachinteresse, Anstrengungsbereitschaft und Abneigung bestätigt.

Aus diesem Ergebnis kann gefolgert werden, dass Schüler, die einen höher vernetzten Biologieunterricht erfahren, stärker motiviert sind als Schüler, deren Unterricht vornehmlich auf Fakten basiert. In einer aktuellen Untersuchung zum Aufgabeneinsatz im Biologieunterricht der Sekundarstufe I konnte gezeigt werden, dass anspruchsvolle Aufgaben einen positiven Einfluss auf die Lernfreude und die Wahrnehmung der Unterrichtsqualität ausübten (Jatzwauk, 2007). Auch Shuell (1996) hat festgestellt, dass die Beantwortung von Fragen auf einem hohem kognitiven Niveau zu einer Erhöhung der Lernmotivation der Schüler führte.

Zusammenfassend zeigte sich also, dass ein auf einzelnen Fakten basierter Unterricht mit einem geringeren Fachinteresse und einer höheren Abneigung bei den Schülern einhergeht. Bei einem vornehmlich additiven Lernen im Unterricht scheinen somit nicht nur weniger vernetzte Wissensstrukturen ausgebildet zu werden, sondern eine solche Unterrichtsgestaltung steht auch in einem negativen Zusammenhang mit der Lernmotivation der Schüler.

Korrelationsanalysen erlauben keine Aussagen über Ursache-Wirkungsbeziehungen. So ist es ebenso denkbar, dass sich das Vernetzungsniveau des Biologieunterrichts und die Lernmotivation wechselseitig beeinflussen. U. Schiefele (1988, 1990) konnte beispielsweise zeigen, dass Personen mit einem hohen Interesse Begriffe fachlich anspruchsvoller miteinander verknüpften als dies wenig interessierte Personen vermochten.

Aufgabe des Naturwissenschaftsunterrichts ist neben der Vermittlung eines Fundaments an fachlichen Kompetenzen auch die Schaffung einer günstigen motivationalen Basis für weiteres Lernen (vgl. BLK, 1997, 29; Krapp, 1998). Der vorliegende Befund, dass ein vernetzter Unterricht positiv mit der Lernmotivation der Schüler zusammenhängt, ist daher vielversprechend in Anbetracht der Erfüllung des Bildungsziels der Interessenförderung.

## 6.3 Methodische Diskussion

### 6.3.1 Bewertung der videobasierten Unterrichtsanalyse

Videobasierte Unterrichtsanalysen werden als eine zukunftssträchtige Methode der Unterrichtsforschung erachtet, die es ermöglicht - insbesondere in Kombination mit anderen Messinstrumenten, wie Leistungstests und Fragebögen - die Komplexität des Unterrichtsgeschehens und seiner Prozesse genauer abzubilden. Dies zeigt auch die Zunahme durchgeführter Videostudien in den letzten Jahrzehnten. In der vorliegenden Studie ist es gelungen, von einer großen Anzahl Klassen eine Unterrichtsstunde videografisch zu dokumentieren und zu analysieren. Voraussetzung für eine hinreichende Validität der Daten ist eine objektive und reliable Kodierung des Unterrichtsgeschehens (Rost, 2004a).

In der vorliegenden Unterrichtsstudie wurden fachliche Lehrer- und Schüleräußerungen im Biologieunterricht anhand eines Kategoriensystems hinsichtlich Vernetzung analysiert. Dabei wurden alle fachlichen Äußerungen der aktuellen Stunde kodiert, aber auch Fachinhalte aus vorangegangenen Stunden waren, wenn erkennbar, Teil der Kodierung. Bei der Reflexion der Ergebnisse sollte, da externe Beobachter nur einen begrenzten Einblick in das Unterrichtsgeschehen bekommen, hinterfragt werden, inwieweit Aspekte der Unterrichtsrealität, wie für den Beobachter subtile Signale des Lehrers, unberücksichtigt blieben (vgl. z.B. Orsolini & Pontecorvo, 1992).

Um Verzerrungen der Unterrichtsrealität durch etwaige Verhaltensänderungen aufgrund der Videoaufnahme entgegenzuwirken, wurden die Lehrer zu Beginn der Studie ausdrücklich gebeten, eine alltägliche Stunde abzuhalten, wobei nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnte, dass die gefilmte Unterrichtsstunde gründlicher vorbereitet wurde. Einige Studien zeigten jedoch, dass sowohl das Lehrer- als auch das Schülerverhalten routiniert und nur schwer von einer kurzfristigen, nicht-teilnehmenden Beobachtung, wie hier durchgeführt, zu beeinflussen oder gar zu ändern sind (vgl. Klieme et al., 1999; Stigler et al., 1999). Zudem beurteilen Lehrer ihre videografierte Unterrichtsstunde meist als „sehr“ oder „ziemlich“ typisch im Ablauf und im Einsatz von Lehrmethoden und -materialien (vgl. Stigler et al., 1999; Clausen, 2002; Petko et al., 2003; Kunter, 2005). Auch in der vorliegenden Videostudie wird von stabilen Verhaltensweisen und Unterrichtsmustern ausgegangen.

Die Frage, inwieweit ein Unterrichtsmerkmal, wie vertikale Vernetzung als stabil betrachtet werden kann, wurde im Rahmen einer Staatsexamensarbeit im Fach Chemie näher untersucht,



in der sich vertikale Vernetzung über mehrere Unterrichtsstunden des Lehrers hinweg als stabil gezeigt hat (Stripp, 2007).

Mit der Frage der Stabilität von Lehrer- und Schülerverhalten haben sich mehrere Studien beschäftigt. Seidel et al. (2002) konnten eine hohe Konformität und Stabilität einzelner Physikstunden bezüglich typischer Muster der Unterrichtsgestaltung feststellen (siehe auch Prenzel et al., 2002). Ähnliches berichtet Mayer (1999) für den Mathematikunterricht in der High School in der USA. Auch bei dem Merkmal Klarheit des Unterrichts handelt es sich offenbar um eine Eigenschaft des Lehrers, die man in hoher zeitlicher Stabilität, bei verschiedenen Unterrichtsthemen und unabhängig von den unterrichteten Schülern findet (Williams, 1983, zitiert nach Mietzel, 2003). Hinweise auf eine Stabilität des Lehrerverhaltens hinsichtlich konstruktivistischer Unterrichtselemente geben Daten der TIMSS Videostichprobe (vgl. Kunter, 2005). So konnte beispielsweise für den Aspekt der aktiven Konstruktion im Unterrichtsgespräch und der Aufgabenstellung ein mittlerer Korrelationskoeffizient von  $r = 0,58$  ( $p < 0,05$ ,  $N = 28$ ) über drei Unterrichtsstunden festgestellt werden.

### **6.3.2 Erfassung deklarativer Wissensstrukturen durch Begriffsnetze**

Zur Erfassung deklarativer Wissensstrukturen wurden Begriffsnetze als Messinstrument eingesetzt. Es wird weithin angenommen, dass Begriffsnetze kognitive Strukturen in einer Domäne abbilden können (vgl. White & Gunstone, 1992; Jonassen et al. 1993). Laut Novak (1991) stellen Begriffsnetze Propositionen dar, wie sie auch in der kognitiven Wissensstruktur gespeichert sind. Peuckert und Fischler (2000) merken hierzu kritisch an, dass Begriffsnetze lediglich als eine Annäherung an ein komplexes kognitives System, das naturgemäß nicht direkt zugänglich ist, zu betrachten sind. Sie bezeichnen sie jedoch als ein Produkt dieses Systems, das als beschreibendes und prognostisches Werkzeug verwendet werden kann. Dem stimmen auch Anderson und Krathwohl (2001) zu, indem sie anführen, dass Begriffsnetze Zusammenhangswissen zwischen zentralen Begriffen innerhalb einer Inhaltsdomäne erfassen können (siehe auch Tergan, 1986).

Nach Friege und Lind (2000) ist es anhand grafentheoretischer Maße, wie z.B. der Anzahl der generierten Relationen und der Anzahl einzeln verknüpfter Begriffe möglich, zwischen Experten, Novizen und Anfängern zu differenzieren. Auch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigten, dass Begriffsnetze Unterschiede in deklarativen Wissensstrukturen abbilden können. So unterschieden sich die Begriffsnetze von Schülern mit unterschiedlich

hohem Vernetzungsniveau im Unterricht in der Anzahl der erstellten Relationen und der Anzahl 1-fach verknüpfter Begriffe signifikant voneinander. Unterschiede in der Anzahl der Netze waren in dieser Studie, im Gegensatz zu den Ergebnissen von Friege und Lind (2000), nur vor Berücksichtigung des Fachinteresses festzustellen. Die Anzahl verwendeter Begriffe unterschied, wie auch bei Friege und Lind, nicht zwischen den Gruppen. Dieses Maß erscheint demnach auch hier nicht geeignet, zwischen unterschiedlich komplexen Wissensstrukturen zu differenzieren. Auch andere Studien zeigen, dass leistungsstarke und leistungsschwache Personen durch Begriffsnetze sowohl hinsichtlich quantitativer als auch, im Gegensatz zu den Ergebnissen dieser Untersuchung, hinsichtlich qualitativer Merkmale voneinander unterschieden werden konnten (z.B. Markham et al., 1994). Allerdings waren in der vorliegenden Studie keine derart großen Unterschiede wie bei den beiden genannten Studien zu erwarten, da durchweg Schüler der 9. Jahrgangsstufe miteinander verglichen und keine Experten-Novizen-Vergleiche durchgeführt worden sind.

Die Erstellung der Begriffsnetze erfolgte in einem halboffenen Paper-Bleistift Verfahren, in dem die Begriffe vorgegeben, aber Beziehungen zwischen den einzelnen Begriffen von den Schülern selbst zu erstellen waren. Im Gegensatz zum Ausfüllen eines Lückenmaps können auf diese Weise Wissensstrukturen angemessener beurteilt und zwischen den Schülern besser differenziert werden (vgl. Ruiz-Primo & Shavelson, 1997; Ruiz-Primo, 2000; Ruiz-Primo et al., 2001).

Es wurden 15 Begriffe aus der Humanbiologie ausgeteilt, die von den Schülern in einen Zusammenhang zu bringen waren. Die Entscheidung Begriffe vorzugeben, erfolgte aus mehreren Gründen. Zum einen sollte die zur Verfügung stehende Zeit effizient für die Verknüpfung der einzelnen Begriffe genutzt werden, da für die Analysen dieser Studie vorrangig die vom Schüler zwischen den Begriffen hergestellten Zusammenhänge von Interesse waren. Zum anderen bestand ein weiteres Ziel der Studie darin, Klassen bezüglich ihrer Wissensstrukturen zu einem ausgewählten Themengebiet zu vergleichen. Hier garantierte die Vorgabe von Begriffen eine objektive Auswertung und erhöhte Vergleichbarkeit der einzelnen Begriffsnetze (vgl. Fischler & Peuckert, 2000). Abgesehen davon besteht bei frei wählbaren Begriffen die Gefahr, dass die Schüler je nach Interessenslage und eigenem Ermessen nicht relevante Begriffe einbeziehen (Eckert, 1998; Ruiz-Primo, 2000) und so Wissen zum eigentlich untersuchten Themenbereich verdeckt wird. Ruiz-Primo et al. (1996; zitiert nach Ruiz-Primo, 2000) konnten beim Vergleich eines freien Begriffsnetzverfahrens ‚mit‘ bzw. ‚ohne‘ vorgegebenen Begriffen, keine signifikanten

Unterschiede in der mittleren Propositionsgenauigkeit<sup>9</sup> und mittleren Prägnanz<sup>10</sup> feststellen, so dass diese Methoden als gleichwertig aufgefasst werden können. Sie empfehlen, insbesondere bei großen Stichproben, Begriffe vorzugeben, damit das zuvor entwickelte Bewertungssystem einheitlich auf alle Begriffsnetze angewendet werden kann (Shavelson & Ruiz-Primo, 1999). Auch Friege und Lind (2000) plädieren dafür Begriffe vorzugeben, da erst dann eine grafentheoretische Auswertung der Begriffsnetze sinnvoll werde.

Die eher niedrige Anzahl von 15 Begriffen einzusetzen erfolgte aufgrund von Überlegungen zum relativ geringen Wissensstand und Alter der beteiligten Schüler, der begrenzten Zeit und der Übersichtlichkeit. Wallace und Mintzes (1990) sowie White und Gunstone (1992) empfehlen, eine möglichst geringe Anzahl an Begriffen zu nutzen, um eine kognitive Überlastung der Mapper zu vermeiden.

Ein Thema, dass im Rahmen von Begriffsnetzverfahren von Interesse ist, ist die konkurrente Validität dieses Messinstruments. Ergebnisse dieser Studie zeigen positive, aber relativ geringe Zusammenhänge zwischen den Begriffsnetzparametern und dem Leistungstest ( $r \leq 0,27$ ). In der Literatur sind bezüglich der konkurrenten Validität von Begriffsnetzen diskrepante Ergebnisse vorherrschend. Diese könnten zum einen in der starken Variation innerhalb der Begriffsnetzverfahren und der parallel eingesetzten Messinstrumente (Tests aus Multiple-Choice- und/oder offenen Aufgaben, standardisierte Leistungstests, Schulnoten) und zum anderen in einer noch unausgereiften Definition und Abgrenzung der zu messenden kognitiven Konstrukte selbst (z.B. die Art des Wissens) begründet sein.

Es stellt sich zudem die Frage, wie hoch die hier eingesetzten Messinstrumente korrelieren sollten. Manche Autoren begründen geringe, nicht vorhandene oder negative Korrelationen zwischen verschiedenen Messinstrumenten damit, dass unterschiedliche Wissensarten erfasst werden (z.B. Novak et al., 1983). Andere Autoren meinen jedoch, dass zwischen Instrumenten, die darauf ausgerichtet sind, kognitive Lernleistung zu messen, moderate Zusammenhänge vorhanden sein müssen (z.B. Rice et al., 1998). So begründen Shavelson und Ruiz-Primo (1999) positive und mäßig hohe Korrelationen zwischen der Bewertung von Begriffsnetzen und Multiple-Choice-Aufgaben damit, dass sich beide Tests überschneiden, aber dennoch unterschiedliche Aspekte deklarativen Wissens gemessen werden. So scheint es

---

<sup>9</sup> Die mittlere Propositionsgenauigkeit wurde auf einer Fünf-Punkte-Skala gemessen.

<sup>10</sup> Der Anteil richtiger Propositionen bezogen auf alle Propositionen eines Begriffsnetzes.

auch in dieser Studie, in der geringe positive Zusammenhänge zwischen den Messinstrumenten zur Lernleistungsüberprüfung festgestellt wurden, der Fall zu sein.

### **6.3.3 Ausblick**

#### **6.3.3.1 Konsequenzen für Biologieunterricht**

Wie bereits ausgeführt, wurde in der vorliegenden Studie in einer videobasierten Unterrichtsanalyse Biologieunterricht an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen mit Hilfe eines speziell entwickelten Kategoriensystems hinsichtlich seiner inhaltlichen Vernetzung untersucht. Die deskriptiven Ergebnisse zeigten, dass im Biologieunterricht insgesamt wenig Vernetzung stattfand. Der Abruf von fachlichem Vorwissen nahm einen vergleichsweise geringen Teil der Unterrichtszeit ein. Es wurden kaum Zusammenhänge oder Bezüge zu bereits gelernten Fachinhalten hergestellt, was einen kumulativen Wissenserwerb erschwert. In den Bildungsstandards wird eine stärkere Vernetzung von Unterrichtsinhalten gefordert. Die Ergebnisse dieser Studie machen deutlich, dass hinsichtlich der konkreten Umsetzung im Unterricht noch großer Handlungsbedarf besteht. Die Ausdifferenzierung der Bildungsstandards im Kernlehrplan Biologie stellt diesbezüglich einen ersten notwendigen Schritt dar.

Die geringe Vernetzung im Biologieunterricht spiegelt sich in den von den Schülern erstellten Begriffsnetzen wider, die insgesamt wenig komplex und von eher geringer inhaltlicher Qualität sind. Trotz der geringen Varianz in der unterrichtlichen Vernetzung konnte die Bedeutung des Vernetzungsniveaus im Biologieunterricht für die Wissensstruktur sowie die Lernmotivation (z.B. das Fachinteresse) der Schüler gezeigt werden. So erstellten Schüler mit einem hohen Vernetzungsniveau im Biologieunterricht insgesamt dichtere Begriffsnetze mit einer größeren Anzahl fachlich richtiger Relationen als Schüler mit einem niedrigen Vernetzungsniveau. Darüber hinaus waren sie insgesamt interessierter am Unterrichtsfach Biologie. Diese Befunde untermauern die Relevanz und Bedeutsamkeit von Programmen wie SINUS oder bik, die die Förderung von Vernetzung und kumulativem Lernen im Unterricht zum Ziel haben. Problematisch ist jedoch, dass die generierten Relationen sowohl in den hoch als auch den niedrig vernetzenden Klassen einen niedrigen Fachgehalt aufwiesen. So scheint sich das Vernetzungsniveau im Unterricht zwar insgesamt positiv auf die Wissensstruktur der Schüler auszuwirken; hinsichtlich ihrer inhaltlichen Qualität sind aber Mängel feststellbar. Soll folglich nicht nur die Komplexität, sondern auch die inhaltliche Qualität des vernetzten Wissens verbessert werden, erscheint es notwendig, die Qualität der Vernetzung anzuheben.

Zur Verbesserung der Qualität der inhaltlichen Vernetzung im Biologieunterricht sollte die Abfolge von Fachinhalten so geplant werden, dass auf diesen sinnvoll aufgebaut und somit mehr inhaltliche (Rück-) Bezüge hergestellt werden können. Dabei kommt in der Biologie, die - im Vergleich zu den Fächern Chemie, Physik oder Mathematik, deren Inhalte in stärkerem Maße linear aufeinander aufbauen - an sich bereits vielfältig und mannigfaltig vernetzt ist, nicht nur der Reihenfolge der einzelnen Themenbereiche innerhalb der Jahrgangsstufe, sondern insbesondere dem Verbinden und Herstellen von Bezügen zwischen den einzelnen biologischen Inhalten eine besondere Bedeutung zu. Dabei kann nicht erwartet werden, dass die Schüler dem Unterricht erst eine klare Struktur geben müssen, bevor sie sich mit den (eentlichen) Lernaufgaben befassen können. Die sorgfältige Planung und kohärente Anordnung von fachlichen Inhalten und möglichst effiziente Gestaltung von Unterrichtsabläufen ist eine wichtige Aufgabe des Lehrers. Sie sollten den Schülern Lerngelegenheiten bereitstellen, durch die sie ein tiefgreifenderes Verständnis biologischer Sachzusammenhänge erreichen können, welches auf der Grundlage einer soliden Wissensbasis aufzubauen und weiter zu entwickeln ist. Dabei ist insbesondere die Vernetzung der Inhaltelemente zu verdeutlichen und explizit zu machen. Es ist davon auszugehen, dass eine effiziente und konsistente Strukturierung nicht nur stete Verknüpfungen, sondern zugleich auch ein insgesamt höheres Vernetzungsniveau ermöglicht und Schüler in ihren weitergehenden Denkprozessen fördert.

Es sind Aufgaben zu entwickeln und zu erproben, die nicht nur eine isolierte Wiederholung der letzten Unterrichtsstunde zum Ziel haben, sondern die explizit Bezüge zwischen vergangenen Unterrichtsinhalten und dem neuen Lerninhalt herstellen. Zur Bearbeitung und Lösen der Aufgaben sollte der Rückgriff auch auf weiter zurückliegende Fachinhalte notwendig sein. Auf diese Weise werden bereits gelernte mit neuen Lerninhalten vernetzt, Kenntnisse angewendet und Kompetenzzuwachs erfahrbar gemacht. Durch derartige Aufgaben wäre es Schülern möglich zu erfassen, in welcher Weise die einzelnen Unterrichtsinhalte miteinander in Beziehung stehen. Sie könnten ihr Wissen in größere Zusammenhänge einordnen.

### **6.3.3.2 Empfehlungen für zukünftige Studien**

Im Mittelpunkt der vorliegenden Studie stand die Beschreibung von Biologieunterricht hinsichtlich seiner Vernetzung und der Vergleich von Klassen mit einem hohen und einem niedrigen Vernetzungsniveau im Unterricht bezüglich ihrer Lernleistung. Des Weiteren wurden Zusammenhänge zwischen dem Vernetzungsniveau und der Lernmotivation der

Schülerinnen und Schüler untersucht. Es konnte die Bedeutung des Vernetzungsniveaus für die Ausbildung deklarativer Wissensstrukturen und ein positiver Zusammenhang zur Lernmotivation, wie z.B. dem Fachinteresse, aufgezeigt werden. In einem weiteren Vorgehen sollte eine Interventions-studie durchgeführt werden, um die Varianz in den Daten zu vergrößern und die Aussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen. Eine Verbesserung der internen Validität kann in quasi-experimentellen Untersuchungen durch einen Zwei-Gruppen-Pretest-Posttest-Plan erreicht werden (vgl. Bortz & Döring, 2002, 559). So sollte die Experimentalgruppe von einem hinsichtlich Vernetzung trainierten Lehrer unterrichtet werden, während die Kontrollgruppe, möglichst von derselben Schule, den gewohnten Unterricht erhält. Die Experimentalgruppe sollte darüber hinaus mit Hilfe von Arbeitsmaterialien unterrichtet werden, die explizit auf die Vernetzung der fachlichen Inhaltselemente ausgerichtet sind (vgl. Abschnitt 6.3.3.1).

Erfolgreiche Lehr-Lernprozesse setzen eine sinnvolle, konsistente und kohärente Strukturierung von Unterrichtsinhalten voraus. Das Unterrichtsgespräch, welches im Biologieunterricht eine dominierende Rolle einnimmt, wird von Schülern jedoch oftmals als wenig strukturiert wahrgenommen (z.B. Jatzwauk, 2007). In zukünftigen Studien sollte der Fokus daher vermehrt auf inhaltliche Aspekte der Vernetzung gerichtet werden. So sind beispielsweise die Qualität, wie die fachliche Richtigkeit, der logische Aufbau und die Angemessenheit der Vernetzung, z.B. bezüglich Zeitpunkt und Niveau, verstärkt zu beachten und zu analysieren. In diesem Zusammenhang sollte auch ihre Bedeutung für die Entwicklung der Qualität von Wissensstrukturen näher untersucht werden.

Wissensstrukturen entwickeln sich über einen längeren Zeitraum. Sie sollten daher im Rahmen einer Längsschnittstudie beobachtet und analysiert werden. Dabei erscheint insbesondere der Einsatz von Begriffsnetzen in einem Prä-Post-Designs sinnvoll, da durch sie deklarative Wissensstrukturen reliabler abgebildet werden können als durch Multiple-Choice-Aufgaben. Allerdings ist eine solche Studie aufgrund hoher logistischer Anforderungen und eines großen Datenaufwands nur im Rahmen eines Großprojektes realisierbar.

Es ist unbestritten, dass den fachlichen und pädagogischen Fähigkeiten und Fertigkeiten des Lehrers eine besondere Bedeutung bei der Initiierung und Aufrechterhaltung von Lehr-Lernprozessen zukommt. Es kann davon ausgegangen werden, dass Lehrerexpertise und Vernetzung eng miteinander zusammenhängen. Nur wer über ein solides Fachwissen verfügt, (er)kennt Zusammenhänge innerhalb und zwischen einzelnen Inhaltselementen und kann

diese explizit machen. In zukünftigen Studien sollten die Lehrer daher verstärkt in die Untersuchung einbezogen werden.

Auch die Aussagen der Schüler über ihre Wahrnehmung und Einschätzung von Biologieunterricht sind als interessante Informationsquelle zu beachten. Sie vermögen, insbesondere aufgrund der (fast) täglichen Erfahrung mit dem Fachlehrer, ein aufschlussreiches Bild des untersuchten Biologieunterrichts abzugeben.

## Literatur

- Acton, W., Johnson, P. & Goldsmith, T. 1994. Structural knowledge assessment: comparison of referent structures. *Journal of Educational Psychology*, 86 (2), 303-311.
- Aebli, H. (1980). *Denken: das Ordnen des Tuns. Band 1: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie*. Stuttgart: Klett.
- Aebli, H. (1981). *Denken: das Ordnen des Tuns, Band 2: Denkprozesse*. Stuttgart: Klett.
- Alexander, P. A., Kulikowich, J. M. & Schulze, S. K. (1994). How subject-matter knowledge affects recall and interest. *American Educational Research Journal*, 31 (2), 313-337.
- Amelang, M. & Zielinski, W. (2002). *Psychologische Diagnostik und Intervention*. Berlin: Springer.
- Anderson, R. C. (1970). Control of student mediating processes during verbal learning and instruction. *Review of Educational Research*, 40, 349-369.
- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Anderson, J. R. (1996). *Kognitive Psychologie. Eine Einführung* (S. 141-147). Heidelberg: Spektrum.
- Anderson, J. R. (2001). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Verlag.
- Anderson, T. & Huang, S.-C. C. (1989). On using concept maps to assess the comprehension effects of reading expository text (Tech. Rep. No. 483). Cambridge, MA: Center for the Study of Reading. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 310 368).
- Anderson, L. & Krathwohl, D. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing - a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.
- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51, 267-272.
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ausubel, D. P. (1974). *Die Psychologie des Unterrichts*. Weinheim: Beltz.
- Ausubel, D. P. & Fitzgerald, D. (1961). The role of discriminability in meaningful verbal learning and retention. *Journal of Educational Psychology*, 52, 266-274.



- Ausubel, D. P. & Fitzgerald, D. (1962). Organizer, general background, and antecedent learning variables in sequential verbal learning. *Journal of Educational Psychology*, 53, 243-249.
- Ausubel, D. P. & Robinson, F. G. (1969). *School learning. An introduction to educational psychology*. Holt, New York.
- Ballmann, R., Dieckmann, R., Freiman, T., Langlet, J., Ohly, K.-P., Saathoff, T., Sandmann, A., Vogt, H., Wolff, V., Zabel, J. & Lichtner, H.-D. (2003). *Weniger (Additives) ist mehr (Systematisches) Kumulatives Lernen – Handreichung für den Biologieunterricht in den Jahrgängen 5-10*. Verband Deutscher Biologen und biowissenschaftlicher Fachgesellschaft e.V.
- Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung – Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz.
- Barnes, B. R. & Clawson, E. U. (1975). Do advance organizer facilitate learning? Recommendations for further research based on an analysis of 32 studies. *Review of Educational Research*, 45 (4), 637-659.
- Baumert, J., Bos, W. & Watermann, R. (1998). *TIMSS / III – Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich. Zusammenfassung deskriptiver Ergebnisse. Studien und Berichte 64*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J., Weiß, M. (Hrsg.) (2001). *PISA 2000 – Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske & Budrich.
- Baumert, J., & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In: J. Baumert, W. Bos & R. Lehrmann (Hrsg.), *TIMSS / III – Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der gymnasialen Oberstufe* (S. 271-315). Opladen: Leske & Budrich.
- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Clausen, M., Hosenfeld, I., Köller, O. & Neubrand, J. (1997). *TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*. Opladen: Leske & Budrich.

- Bayrhuber, H., Bögeholz, S., Eggert, S., Elster, D., Grube, C., Hößle, C., Linsner, M., Lücken, M., Mayer, J., Möller, A., Nerdel, C., Neuhaus, B., Precht, H., Sandmann, A., Mittelsten Scheid, N., Schmiemann, P. & Schoormans, G. (2007). Biologie im Kontext - Erste Forschungsergebnisse. MNU, 60 (5), 304-313.
- BLK - Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (1997). Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Heft 60. Bonn: BLK.
- Bonato, M. (1990). Wissensstrukturierung mittels Struktur-Lege-Techniken – Eine graphentheoretische Analyse von Wissensnetzen. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Bortz, J. & Döring, N. (2002). Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler (3. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bos, W. & Tarnai, C. (1999). Content analysis in empirical social research. International Journal of Educational Research, 31, 659-671.
- Bransford, J. D., Stein, B. S., Shelton, T. S. & Owings, R. A. (1980). Cognition and adaptation. The importance of learning to learn. In: J. Harvey (Ed.), Cognition, social behaviour and the environment. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bruner, J. (1960). The process of education. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Bruner, J. (1966). Toward a theory of instruction. New York: Norton.
- Brunner, E. J. & Huber, G. L. (1991). Störungen der Schulklasse als soziales System: Intervention. In: M. Perrez & U. Baumann (Hrsg.), Lehrbuch Klinische Psychologie, Band 2: Intervention (S. 386-394). Bern: Huber.
- Buzan, T. & Buzan, B. (1996). Das Mind-Map-Buch. Landsberg am Lech: mvg-Verlag.
- Chi, M. T., Glaser, R. & Farr, M. J. (1988). The nature of expertise. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Clausen, M. (2002). Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Münster: Waxmann.
- Clausen, M., Reusser, K. & Klieme, E. (2003). Unterrichtsqualität auf der Basis hochinferenter Unterrichtsbeurteilungen. Unterrichtswissenschaft, 31 (2), 122-141.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1992). The Jasper series as an example of anchored instruction: Theory, program, description, and assessment data. Educational Psychologist, 27, 291-315.
- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In: L. B. Resnick (Ed.), Knowing, learning, and instruction. Essays in the honour of Robert Glaser (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Collins, A. M. & Loftus, E. F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Behavior*, 11, 671-648.
- Craik, R. I. M. & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology*, 104 (3), 268-294.
- Dansereau, D. & Holley, C. D. (1982). Development and evaluation of a text mapping strategy. In: A. Flammer & W. Kintsch (Eds.), *Discourse processing*. Amsterdam: North-Holland Publishing Co.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behaviour*. New York: Plenum Press.
- Deese, J. (1965). *The structure of associations in language and thought*. Baltimore: Johns Hopkins Press.
- Diekhoff, G. M. (1983). Relationship judgements in the evaluation of structural understanding. *Journal of Educational Psychology*, 75, 227-233.
- Diekhoff, G. M., Brown, P. J. & Dansereau, D. F. (1982). A prose learning strategy training program based on network and depth-of-processing models. *Journal of Experimental Education*, 4, 180-184.
- Dochy, F. J. R. C. & Alexander, P.A. (1995). Mapping prior knowledge: A framework for discussion among researchers. *European Journal of Psychology of Education*, 10 (3), 225-242.
- Eckert, A. (Hrsg.) (1998). *Kognition und Wissensdiagnose – Die Entwicklung und empirische Überprüfung des computergestützten wissensdiagnostischen Instrumentariums Netzwerk-Elaborierungs-Technik (NET)*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Einsiedler, W. (1996). Wissensstrukturierung im Unterricht. Neuere Forschung zur Wissensrepräsentation und ihre Anwendung in der Didaktik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 42 (2), 167-191.
- English, R. E. & Reigeluth, C. M. (1996). Formative research on sequencing instruction with the elaboration theory. *Educational Technology Research and Development*, 44 (1), 23-42.
- Fink, B. (1991). Interest development as structural change in person-object relationships. In: L. Oppenheimer & J. Valsiner (Eds.), *The origin of action: Interdisciplinary and international perspectives* (pp. 175-204). New York: Springer.

- Fischler, H. & Peuckert, J. (2000). Concept Mapping in Forschungszusammenhängen. In: H. Fischler & J. Peuckert (Hrsg.), Concept mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie (Band 1, S. 1-21). Berlin: Logos Verlag.
- Fraser, B. J., Walberg, H. J., Welch, W. W. & Hattie, J. A. (1987). Synthesis of educational productivity research. *International Journal of Educational Research*, 11, 145-252.
- Friedrich, H. F., Fischer, P. M., Mandl, H. & Weis, T. (1987). Vom Umgang mit Lehrtexten - ein Lern- und Lesetraining. Tübingen: Deutsches Institut für Fernstudien.
- Friege, G. & Lind, G. (2000). Begriffsnetze und Expertise. In: H. Fischler & J. Peuckert (Hrsg.), Concept mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie (Band 1, S. 147-178). Berlin: Logos Verlag.
- Friege, G. & Lind, G. (2004). Leistungsmessung im Leistungskurs. *MNU*, 57 (5), 259-265.
- Friege, G. & Lind, G. (unveröffentlicht). Begriffsnetze und Wissensqualität. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDid).
- Früh, W. (2001). Inhaltsanalyse Theorie und Praxis (5. Aufl.). Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft.
- Gagné, R. M. (1962). The acquisition of knowledge. *Psychological Review*, 69, 355-365.
- Gagné, R. M. (1969). Die Bedingungen des menschlichen Lernens. Hannover: Schroedel.
- Garner, R. & Gillingham, M. G. (1991). Topic knowledge, cognitive interest, and text recall: a microanalysis. *Journal of Experimental Education*, 59, 310-319.
- Geeslin, W. E. & Shavelson, R. J. (1975). Comparison of content structure and cognitive structure in high school students' learning of probability. *Journal of Research in Mathematics Education*, 6, 109-120.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), 867-888.
- Glaser, R. (1984). Education and thinking: The role of knowledge. *American Psychologist*, 39, 91-104.
- Glaser, R. (1991). Expertise and Assessment. In: M. C. Wittrock & E. L. Baker (Eds.), *Testing and Cognition*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Glaser, R. & Bassok, M. (1989). Learning theory and the study of instruction. *Annual Review of Psychology*, 40, 631-666.
- Glemnitz, I. (2007). Vertikale Vernetzung im Chemieunterricht. Ein Vergleich von traditionellem Unterricht mit Unterricht nach *Chemie im Kontext*. Dissertation: Universität Duisburg-Essen.

- Glemnitz, I., Kauertz, A. & Wadouh, J. (2005). Kodierhandbuch für die Videoanalyse des Projekts vertikale Vernetzung. Unveröffentlichtes Arbeitspapier.
- Goldsmith, T. E., Johnson, P. J. & Acton, W. H. (1991). Assessing structural knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 83 (1), 88-96.
- Gruber, H. & Mandl, H. (1996). Das Entstehen von Expertise. In: J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen. Enzyklopädie der Psychologie*, C/II/7 (S. 583-615). Göttingen: Hogrefe.
- Gunstone, R. F. (1981). Cognitive structure and performance after physics instruction. Paper presented to AERA meeting, Los Angeles.
- Guthke, T. & Beyer, R. (1992). Inferenzen beim Satz- und Textverstehen. *Zeitschrift für Psychologie*, 200, 321-344.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Harms, U. & Bündler, W. (1999). Erläuterungen zu Modul 5: Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen. BLK-Programmförderung „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Verfügbar unter: [http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/module/modul\\_5brkumulatives\\_lernen.html](http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/module/modul_5brkumulatives_lernen.html)
- Herl, H. E., Baker, E. L. & Niemi, D. (1996). Construct validation of an approach to modeling cognitive structure of U.S. history knowledge. *The Journal of Educational Research*, 89 (4), 206-218.
- Hiebert, J., Gallimore, R., Garnier, H., Givvin, K. B., Hollingsworth, H., Jacobs, J. K., Wearne, D., Smith, M., Kersting, N. & Stigler, J. (2003). *Teaching mathematics in seven countries: results from the TIMSS 1999 video study*. Washington, D.C.: U.S. Department of Education, National Center for Educational Statistics.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Peters-Haft, S. (1997). *An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht*. Kiel: IPN.
- Hoffmann, L. & Lehrke, M. (1986). Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32, 189-204.
- Holzkamp, K. (1991). Lehren als Lernbehinderung? *Forum Kritische Psychologie*, 27, 5-22.
- Holzkamp, K. (1993). *Lehren. Subjektwissenschaftliche Grundlegung*. Frankfurt a. M.: Campus.

- Hoz, R., Tomer, Y. & Tamir, P. (1990). The relations between disciplinary and pedagogical knowledge and the length of teaching experience of biology and geography teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 973-985.
- Hugener, I., Pauli, C. & Reusser, K. (2006). Videoanalysen. In: E. Klieme, C. Pauli & K. Reusser (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“*. Materialien zur Bildungsforschung, Band 15. Frankfurt am Main: GPPF.
- Jacobs, J. K., Kawanaka, T. & Stigler, J. W. (1999). Integrating qualitative and quantitative approaches to the analysis of video data on classroom teaching. *International Journal of Educational Research*, 31, 717-724.
- Jatzwauk, P. (2007). *Aufgaben im Biologieunterricht – eine Analyse der Merkmale und des didaktisch-methodischen Einsatzes von Aufgaben im Biologieunterricht der Klasse 9*. Dissertation: Universität Duisburg-Essen.
- Jonassen, D. H., Beissner, K. & Yacci, M. (1993). *Structural knowledge: techniques for representing, conveying, and acquiring structural knowledge*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Kattmann, U. (1975). Im Spannungsfeld biologiedidaktischer Curriculumsdiskussion. Eine Einführung in die Strukturierungsdebatte. In: U. Kattmann & W. Isensee (Hrsg.), *Strukturen des Biologieunterrichts. Bericht über das 6. IPN-Symposium*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Kattmann, U. (2003). Vom Blatt zum Planeten – Scientific Literacy und kumulatives Lernen im Biologieunterricht und darüber hinaus. In: B. Moschner, H. Kiper & U. Kattmann (Hrsg.), *PISA 2000 als Herausforderung: Perspektiven für Lehren und Lernen* (S. 115-137). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Kauertz, A. (2007). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Dissertation: Universität Duisburg-Essen.
- Kinchin, I. M. (2001). If concept mapping is so helpful to learning biology, why aren't we all doing it? *International Journal of Science Education*, 23 (12), 1257-1269.
- Kinchin, I. M. & Hay, D. B. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42 (1), 43-57.
- King, A. (1990). Enhancing peer interaction and learning in the classroom through reciprocal questioning. *American Educational Research Journal*, 27, 664-687.

- King, A. (1992a). Facilitating elaborative learning through guided student-generated questioning. *Educational Psychologist*, 27 (1), 111-126.
- King, A. (1994). Autonomy and question asking: the role of personal control in guided student-generated questioning. *Learning and Individual Differences*, 6, 163-185.
- King, A., Staffieri, A. & Adelgais, A. (1998). Mutual peer tutoring: effects of structuring tutorial interaction for scaffold peer learning. *Journal of Educational Psychology*, 90 (1), 134-152.
- Kintsch, W. (1994). Text comprehension, memory, and learning. *American Psychologist*, 49, 294-303.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards - Eine Expertise (Band 1). Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Klieme, E., Knoll, S. & Schümer, G. (1999). Mathematikunterricht der Sekundarstufe I in Deutschland, Japan und den USA. Dokumentation der TIMSS-Videostudie. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Klimesch, W. (1995). Gedächtnispsychologische Repräsentationsannahmen und ihre möglichen neuronalen Grundlagen. In: D. Dörner & E. van der Meer (Hrsg.), *Das Gedächtnis: Probleme - Trends - Perspektiven* (S. 3-18). Göttingen: Hogrefe.
- KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Kobarg, M. & Seidel, T. (2003). Prozessorientierte Lernbegleitung im Physikunterricht. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (S. 151-200). Kiel: IPN.
- Köller, O. (1997). Evaluation of STS-approaches: A psychological perspective. In: W. Gräber & C. Bolte (Eds.), *Scientific literacy: An international symposium* (pp. 331-347). Kiel: IPN.
- Kourilsky, M. & Wittrock, M. C. (1987). Verbal and graphical strategies in the teaching of economics. *Teaching and Teacher Education*, 3, 1-12.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38 (5), 747-770.
- Krapp, A. (1992a). Das Interessenkonstrukt – Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In: A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interessen, Lernen, Leistung* (S. 297-329). Münster: Aschendorff.

- Krapp, A. (1992b). Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung. In: A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogisch-psychologischen Interessenforschung (S. 9-52). Münster: Aschendorff.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 45, 186-203.
- Krapp, A., Hidi, S. & Renninger, K. A. (1992). Interest, learning, and development. In: K. A. Renninger, S. Hidi & A. Krapp (Eds.), *The role of interest in learning and development* (pp. 3-25). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (Hrsg.) (1992). *Interessen, Lernen, Leistung* (Band 28). Münster: Aschendorff.
- Krause, U.-M. & Stark, R. (2006). Vorwissen aktivieren. In: H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 38-49). Göttingen: Hogrefe.
- Kroß, A. & Lind, G. (2000). Einfluß des Vorwissens auf Intensität und Qualität des Selbsterklärens beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben. *Unterrichtswissenschaft*, 1, 5-25.
- Kultusministerium des Landes Nordrhein-Westfalen (1993). *Richtlinien und Lehrpläne für das Gymnasium (Sekundarstufe I) in Nordrhein-Westfalen, Biologie*. Frechen: Ritterbach.
- Kunter, M. (2005). *Multiple Ziele im Mathematikunterricht*. Münster: Waxmann.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practise. Mind, mathematics, and culture in everyday life*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Leuchtenberger, G. (1917): *Vademecum für junge Lehrer: Pädagogisch-didaktische Erfahrungen und Ratschläge*. 3. Aufl. Berlin : Weidmann.
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Lind, G., Friege, G. & Sandmann, A. (2005). Selbsterklären und Vorwissen. *Empirische Pädagogik*, 19 (1), 1-27.
- Lind, G. & Sandmann, A. (2003). Lernstrategien und Domänenwissen. *Zeitschrift für Psychologie*, 211 (4), 171-192.
- Linden, M. & Wittrock, M. C. (1981). The teaching of reading comprehension according to the model of generative learning. *Reading Research Quarterly*, 17, 44-57.



- Liu, X. & Hinchey, M. (1996). The internal consistency of a concept mapping scoring scheme and its effect on prediction validity. *International Journal of Science Education*, 18 (8), 921-937.
- Luiten, J., Ames, W. & Ackerson, G. (1980). A meta-analysis of the effects of advance organizers on learning and retention. *American Educational Research Journal*, 17 (2), 211-218.
- Mackenzie, A. J. & White, R. T. (1981). Fieldwork in geography and long term memory structure. *American Educational Research Association*.
- Magoon, A. J. (1977). Constructivistic approaches in educational research. *Review of Educational Research*, 47 (4), 651-693.
- Mandl, H., & Ballstaedt, S.-P. (1982). Effects of elaboration on recall of texts. In: A. Flammer & W. Kintsch (Eds.), *Discourse processing* (pp. 482-494). Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Mandl, H. & Fischer, F. (2000). Mapping-Techniken und Begriffsnetze in Lern- und Kooperationsprozessen. In: H. Mandl & F. Fischer (Hrsg.), *Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement und Mapping-Techniken* (S. 3-12). Göttingen: Hogrefe.
- Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.) (2006). *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe.
- Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (1993). Misconceptions and knowledge compartmentalization. In: G. Strube & F. Wender (Eds.), *The cognitive psychology of knowledge* (pp. 161-176). Amsterdam: North-Holland.
- Markham, K. M., Mintzes, J. J. & Jones, M. G. (1994). The concept map as a research and evaluation tool: further evidence of validity. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (1), 91-101.
- Mayer, R. E. (1979). Can advance organizers influence meaningful learning? *Review of Educational Research*, 49, 371-383.
- Mayer, R. E. (1984). Aids to text comprehension. *Educational Psychologist*, 19, 30-42.
- Mayer, R. E. (1998). Cognitive theory for education: What teachers need to know. In: N. Lambert & B. L. McCombs (Eds.), *How students learn* (pp. 351-377). Washington: American Psychological Association.
- Mayer, D. P. (1999). Measuring instructional practice: Can policy makers trust survey data? *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 21, 29-45.
- Mayer, R. E. & Wittrock, M. C. (1996). Problem-solving transfer. In: D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 47-62). New York: Macmillan.

- McClure, J. R., Sonak, B. & Suen, H. K. (1999). Concept map assessment of classroom learning: reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (4), 475-492.
- McNamara, D. S., Kintsch, E., Butler-Songer, N. & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interaction of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14, 1-43.
- Messner, H. (1978). *Wissen und Anwenden*. Klett-Cotta.
- Mietzel, G. (2003). *Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens*. Göttingen: Hogrefe.
- Mitchell, A. A. & Chi, M. T. (1984). Measuring knowledge within a domain. In: P. Nagy (Ed.), *The representation of cognitive structure* (p. 85-109). Toronto, Canada: Ontario Institute for Studies in Education.
- Miyake, N. & Norman, D. A. (1979). To ask a question, one must know enough to know what is not known. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 18, 357-364.
- MNU – Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. (2001). *Biologieunterricht und Bildung. Die besondere Bedeutung des Faches Biologie zur Kompetenzentwicklung bei Schülerinnen und Schülern. Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen und Richtlinien für den Biologieunterricht*. Verfügbar unter: <http://www.mnu.de/>
- MNU - Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. (2003). *Lernen und Können im naturwissenschaftlichen Unterricht. Denkanstöße und Empfehlungen zur Entwicklung von Bildungs-Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik*. Verfügbar unter: <http://www.mnu.de/>
- Müller, C. T. & Duit, R. (2004). Die unterrichtliche Sachstruktur als Indikator für Lernerfolg– Analyse von Sachstrukturdiagrammen und ihr Bezug zu Leistungsergebnissen im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 147-161.
- Neber, H. (1999). Fragetraining und Wissenserwerb im Geschichtsunterricht: Trainingsformen, Testformate und geschlechtsspezifische Differenzen. In: B. Hannover, U. Kittler & H. Metz-Göckel (Hrsg.), *Sozialkognitive Aspekte der Pädagogischen Psychologie* (Band 1, S. 98-113). Essen: Blaue Eule.
- Neuhaus, B. & Vogt, H. (2008) *Qualität der Lehrerbildung und des Biologieunterrichts aus der Sicht von Biologielehrkräften*. MNU.
- Norman, D.A. (1973). Memory, knowledge and the answering of questions. In: R. Solso (Ed.), *Contemporary Issues in Cognitive Psychology*. Winston.

- Novak, J. D. (1972). Audio-tutorial techniques for individualized science instruction in the elementary school. In: H. Triezenberg (Ed.), *Individualized science: Like it is* (pp. 14-30). Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: a useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (10), 937-949.
- Novak, J. (1991). Clarify with concept maps: a tool for students and teachers. *The Science Teacher*, 58 (10), 45-49.
- Novak, J. D. & Gowin, D. R. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge Press.
- Novak, J. D., Gowin, D. B. & Johansen, G. T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67, 625-645.
- Novak, J. D. & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28 (1), 117-153.
- Okebukola, P.A. (1990). Attaining meaningful learning of concepts in genetics and ecology: an examination of the potency of the concept-mapping technique. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (4), 493-504.
- Orsolini, M. & Pontecorvo, C. (1992). Children's talk in classroom discussions. *Cognition and Instruction*, 9 (2), 113-136.
- Osborne, R. J. & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, 67 (4), 489-508.
- Osborne, R. J. & Wittrock, M. C. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- Osman, M.E. & Hannafin, M. J. (1994). Effects of advance questioning and prior knowledge on science learning. *Journal of Educational Research*, 88 (1), 5-13.
- Osmundson, E., Chung, G. K.W. K., Herl, H. E. & Klein, D. C. D. (1999). *Knowledge mapping in the classroom: a tool for examining the development of students' conceptual understandings*. Los Angeles: University of California.
- Palinscar, A. S. & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117-175.
- Pekrun, R. & Schiefele, H. (1996). Emotions- und motivationspsychologische Bedingungen der Lernleistung. In: F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion. Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Serie I, Band 2* (S. 153-180). Göttingen: Hogrefe.

- Petko, D., Waldis, M., Pauli, C. & Reusser, K. (2003). Methodologische Überlegungen zur videogestützten Forschung in der Mathematikdidaktik. Ansätze der TIMSS 1999 Video Studie und ihrer schweizerische Erweiterung. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 35 (6), 265-280.
- Peuckert, J. & Fischler, H. (2000). Concept Maps als Diagnose- und Auswertungsinstrument in einer Studie zur Stabilität und Ausprägung von Schülervorstellungen. In: H. Fischler & J. Peuckert (Hrsg.), *Concept mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (Band 1, S. 91-116). Berlin: Logos Verlag.
- Postman, L. (1972). A pragmatic view of organization theory. In: E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization and memory* (pp. 4-48). New York: Academic Press.
- Prenzel, M. (1988). Die Wirkungsweise von Interesse. Ein Erklärungsversuch aus pädagogischer Sicht. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Prenzel, M., Krapp, A. & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32 (2), 163-173.
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P. & Klopp, A. (2001). Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In: J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann & M. Weiß (Hrsg.), *PISA 2000 – Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (S. 191-248). Opladen: Leske & Budrich.
- Prenzel, M., Seidel, T., Lehrke, M., Rimmele, R., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, Ch. & Widodo, A. (2002). Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht – eine Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, 139-156.
- Quillian, M. R. (1968). Semantic memory. In: M. Minsky (Ed.), *Semantic information processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rakoczy, K. & Pauli, C. (2006). Hoch inferentes Rating: Beurteilung der Qualität unterrichtlicher Prozesse. In: E. Klieme, C. Pauli, K. Reusser (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“*. Materialien zur Bildungsforschung (S. 206-233). Frankfurt am Main: DIPF/GFPE.
- Reigeluth, C. M., Merrill, M. D., Wilson, B. G. & Spiller, R. T. (1980). The elaboration theory of instruction: a model for sequencing and synthesizing instruction. *Instructional science*, 9, 195-219.
- Reigeluth, C. M. & Stein, F. (1983). The elaboration theory of instruction. In: C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional Design Theories and Models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.

- Renninger, K. A., Hidi, S. & Krapp, A. (1992). The role of interest in learning and development. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Resnick, L. B. (1987). Learning in school and out. *Educational Researcher*, 16, 13-20.
- Resnick, L. B. (1989). Introduction. In: L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction* (pp. 1-24). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Reusser, K. & Pauli, C. (2003). *Mathematikunterricht in der Schweiz und in weiteren sechs Ländern. Bericht über die Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Video-Unterrichtsstudie*. Universität Zürich: Pädagogisches Institut.
- Rheinberg, F. (2000). *Motivation*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Rice, D. C., Ryan, J. M. & Samson, S. M. (1998). Using concept maps to assess student learning in the science classroom: must different methods compete? *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (10), 1103-1127.
- Rickheit, G. & Strohner, H. (1985). *Inferences in text processing*. Amsterdam: North-Holland.
- Rimmele, R. (2002). *Videograph. Multimedia-Player zur Kodierung von Videos*. Kiel: IPN.
- Rost, D. H. (2005). *Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien. Eine Einführung*. Weinheim: Beltz.
- Rost, J. (2004a). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion*. Bern: Verlag Hans Huber.
- Ruiz-Primo, M. A. (2000). On the use of concept maps as an assessment tool in science: what we have learned so far. Verfügbar unter: <http://redie.ens.uabc.mx/vol2no1/contenido-ruizpri.html>
- Ruiz-Primo, M. A., Schultz, S. E., Li, M. & Shavelson, R. J. (2001). Comparison of the reliability and validity of scores from two concept-mapping techniques. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (2), 260-278.
- Ruiz-Primo, M. A., Schultz, S. E. & Shavelson, R. J. (1996). Concept-map based assessment in science: an exploratory study. Paper presented at the AERA Annual Meeting, New York, NY.
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (6), 569-600.
- Ruiz-Primo, M. & Shavelson, R. (1997). *Concept-map based assessment: on possible sources of sampling variability*. Washington DC, Los Angeles: Center for Research and Improvement and Student Testing.

- Rumelhart, D. E. (1980). Schemata: The building blocks of cognition. In: R. J. Spiro, B. C. Bruce & W. F. Brewer (Eds.), *Theoretical issues in reading comprehension: Perspectives from cognitive psychology, linguistics, artificial intelligence, and education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Rumelhart, D. E. & Norman, D. A. (1978). Accretion, tuning, and restructuring: Three models of learning. In: J. U. Cotton & R. L., Klatzky (Eds.), *Semantic facts in cognition* (pp. 37-54). Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Rumelhart, D.E. & Ortony, A. (1977). The representation of knowledge in memory. In: R.C. Anderson, R. J. Spiro & W.E. Montague (Eds.), *Schooling and the acquisition of knowledge* (pp. 99-135). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sandmann, A., Hosenfeld, M., Mackensen, I. & Lind, G. (2002). Paraphrasieren – Schlussfolgern – Bewerten. Strategien des Lernens mit Beispielaufgaben von Experten und Novizen in Biologie. In: H. Bayrhuber & H. Klee (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Band 1 – Biowissenschaften in Schule und Öffentlichkeit*. Kiel: IPN.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1992). Text-based and knowledge-based questioning by children. *Cognition and Instruction*, 9 (3), 177-199.
- Schiefele, H. (1981). Interesse. In: H. Schiefele & A. Krapp (Hrsg.), *Handlexikon zur Pädagogischen Psychologie* (S. 192-195). München: Ehrenwirth.
- Schiefele, H. (1986). Interesse - Neue Antworten auf ein altes Problem. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32, 153-162.
- Schiefele, U. (1988). Der Einfluss von Interesse auf Umfang, Inhalt und Struktur studienbezogenen Wissens. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 20, 356-370.
- Schiefele, U. (1990). Thematisches Interesse, Variablen des Leseprozesses und Textverstehen. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 37, 304-332.
- Schiefele, U. (1991). Interest, learning, and motivation. *Educational Psychologist*, 26, 299-323.
- Schiefele, U. (1991). Interesse und Textrepräsentation – Zur Auswirkung des thematischen Interesses auf unterschiedliche Komponenten der Textrepräsentation unter Berücksichtigung kognitiver und motivationaler Kontrollvariablen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 5 (4), 245-259.
- Schiefele, U. (1996). *Motivation und Lernen mit Texten*. Göttingen: Hogrefe.

- Schiefele, U. & Köller, J. (2001). Intrinsische und extrinsische Motivation. In: D. H. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie (S. 304-310). Weinheim: Beltz.
- Schiefele, U. & Krapp, A. (1996). Topic interest and free recall of expository text. *Learning and individual differences*, 8, 141-160.
- Schiefele, U., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 25, 120-148.
- Schiefele, U., Krapp, A. & Winteler, A. (1992). Interest as a predictor of academic achievement: a metaanalysis of research. In: K. A. Renninger, S. Hidi & A. Krapp (Eds.), *The role of interest in learning and development* (pp. 183-212). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schiefele, U. & Schreyer, I. (1994). Intrinsische Lernmotivation und Lernen. Ein Überblick zu Ergebnissen der Forschung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 8, 1-13.
- Schmitz, A. (2006). Interessen- und Wissensentwicklung bei Schülerinnen und Schülern der Sek II in außerschulischer Lernumgebung am Beispiel von NaT-Working „Meeresforschung“. Dissertation: Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.
- Schnotz, W. (1994). Aufbau von Wissensstrukturen: Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten. Weinheim: Beltz.
- Seel, N. M. (1983). Fragenstellen und kognitive Strukturierung. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 30 (4), 241-252.
- Seel, N. M. (2003). *Psychologie des Lernens*. München: Ernst Reinhardt.
- Seidel, T. (2003). Lehr-Lernskripts im Unterricht. Freiräume und Einschränkungen für kognitive und motivationale Lernprozesse – eine Videostudie im Physikunterricht. Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Lehrke, M., Müller, C. T. & Rimmele, R. (2002). „Jetzt bitte alle nach vorne schauen!“ Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. *Unterrichtswissenschaft*, 30, 52-77.
- Shavelson, R. J. (1972). Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction. *Journal of Educational Psychology*, 63 (3), 225-234.
- Shavelson, R. J. (1974). Methods for examining representations of a subject-matter structure in a student's memory. *Journal of research in science teaching*, 11 (3), 231-249.

- Shavelson, R. J. & Ruiz-Primo, M. A. (1999). Leistungsbewertung im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 27 (2), 102-127.
- Shavelson, R. J. & Stanton, G. C. (1975). Construct validation: methodology and application to three measures of cognitive structure. *Journal of Educational Measurement*, 12, 67-85.
- Shuell, T. J. (1986a). Cognitive conceptions of learning. *Review of Educational Research*, 56, 411-436.
- Shuell, T. J. (1990). Phases of meaningful learning. *Review of Educational Research*, 60 (4), 531-547.
- Shuell, T. J. (1996). Teaching and learning in a classroom context. In: D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 726-764). New York: Macmillan/Prentice Hall.
- Snow, R. E. (1993). Construct validity and constructed-response tests. In: R. E. Bennett & W. C. Ward (Eds.), *Construction versus choice in cognitive measurement* (pp. 45-60). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Steiner, G. (1988). Analoge Repräsentation. In: H. Mandl & H. Spada (Hrsg.), *Wissenspsychologie* (S. 99-120). München: Psychologie Verlags Union.
- Steiner, G. (2006). Lernen und Wissenserwerb. In: A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 137-202). Weinheim: Beltz.
- Stevens, J. (1996). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (3<sup>rd</sup> edition). Mahway, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Stigler, J. W., Gallimore, R., & Hiebert, J. (2000). Using video surveys to compare classrooms and teaching across cultures: examples and lessons from the TIMSS video studies. *Educational Psychologist*, 35 (2), 87-100.
- Stigler, J. W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S. & Serrano, A. (1999). The TIMSS videotape classroom study. Methods and findings from an exploratory research project on eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan and the United States. Washington, DC: U.S. Department of Education.
- Stoddart, T. Abrams, R. Gasper, E. & Canaday, D. (2000). Concept maps as assessment in science inquiry learning - a report of methodology. *International Journal of Science Education*, 22 (12), 1221-1246.
- Stracke, I. (2003). Einsatz computerbasierter Concept Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie. Dissertation: Christian Albrecht Universität zu Kiel.



- Stripp, S. (2007). Eine Fallstudie zur vertikalen Vernetzung in einer Unterrichtseinheit. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt für die Sekundarstufe I und II. Staatliches Prüfungsamt für die Erste Staatsprüfungen für Lehrämter an Schulen - Essen.
- Stuart, H. (1985). Should concept maps be scored numerically? *European Journal of Science Education*, 7 (1), 73-81.
- Sumfleth, E., Fischer, H. E., Glemnitz, I. & Kauertz, A. (2006). Ein Modell vertikaler Vernetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: A. Pitton (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Lehren und Lernen mit neuen Medien*. Münster: Lit.
- Tamir, P. (1998). Assessment and evaluation in science education: opportunities to learn and outcomes. In: B. J. Fraser, K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 759-789). Dordrecht: Kluwer.
- Tergan, S.-O. (1986). Modelle der Wissensrepräsentation als Grundlage qualitativer Wissensdiagnostik. Beiträge zur psychologischen Forschung. Band 7. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Tillema, H. (1983). Webteaching: sequencing of subject matter in relation to prior knowledge of pupils. *Instructional science*, 12, 321-332.
- Upmeyer zu Belzen, A. & Vogt, H. (2001). Interessen bei Grundschulkindern - Theoretische Basis der Längsschnittstudie PEIG. In: *Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie Münster, IDB 10*, S. 17-31.
- van der Meer, E. (1990). Inferenzprozesse bei der Bildung von Ereignisfolgen. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe*, 39 (1), 24-32.
- van der Meer, E. (1996). Gesetzmäßigkeiten und Steuerungsmöglichkeiten des Wissenserwerbs. In: F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Pädagogische Psychologie*. Band 2: Psychologie des Lernens und der Instruktion (S. 209-248). Göttingen: Hogrefe.
- van Dijk, T. A. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- von Aufschnaiter, S. & Welzel, M. (Hrsg.) (2001). *Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lernprozessen: Aktuelle Methoden empirischer pädagogischer Forschung*. Münster: Waxmann.

- Wallace, J. & Mintzes, J.J. (1990). The concept map as a research tool : exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (10), 1033-1052.
- Watzlawick, P., Beavin, J. B. & Jackson, D. D. (1969). *Menschliche Kommunikation*. Bern: Huber.
- Weber, T. (2003). *Kumulatives Lernen im Physikunterricht. Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*. Berlin: Logos Verlag.
- Weinert, F. E. (1996). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In: F.E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Pädagogische Psychologie. Band 2: Psychologie des Lernens und der Instruktion* (S. 1-48). Göttingen: Hogrefe.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17-31). Weinheim: Beltz.
- Weinstein, C. E. & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In: M.C. Wittrock, *Handbook of research on teaching* (pp. 315-327). Macmillan Publishing Company, New York.
- Wender, K. F. (1988). Semantische Netze als Bestandteil gedächtnispsychologischer Theorien. In: H. Mandl & H. Spada (Hrsg.), *Wissenspsychologie* (S. 55-73). München, Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- White, R. T. & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. New York: Falmer Press.
- Widodo, A. (2004). *Constructivist oriented science classrooms: the learning environment and the teaching and learning process*. Kiel: IPN.
- Wild, E. Gerber, J. Exeler, J. & Remy, K. (2001). *Dokumentation der Skalen- und Item-Auswahl für den Kinderfragebogen zur Lernmotivation und zum emotionalen Erleben*. Universität Bielefeld.
- Willerman, M. & Mac Harg, R.A. (1991). The concept map as an advance organizer. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (8), 705-711.
- Williams, J. (1983). *The stability of teacher clarity in relation to student achievement and satisfaction*. Unveröffentlichte Dissertation. The Ohio State University.
- Wilson, J. M. (1994). Network representations of knowledge about chemical equilibrium: variations with achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1133-1147.
- Wirtz, M.. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität*. Göttingen: Hogrefe.
- Wittenmöller-Förster, R. (1993). *Interesse als Bildungsziel*. Frankfurt: Lang.

- Wittig, D. (2005). Leistungsmessung im Biologieunterricht. Entwicklung, Durchführung und Analyse eines Leistungstests zum Thema „Blut und Herz-Kreislauf“ für die Klassenstufe 9. 1. Staatsexamensarbeit, Universität Duisburg-Essen.
- Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process. *Educational Psychologist*, 11, 87-95.
- Wittrock, M. C. (1978). The cognitive movement in instruction. *Educational Psychologist*, 13, 15-29.
- Wittrock, M. C. (1986). *Handbook of research on teaching*. Third edition. Macmillan Publishing Company, New York.
- Wittrock, M. C. (1990). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24 (4), 345-376.
- Wittrock, M. C. (1991). Generative teaching of comprehension. *The Elementary School Journal*, 92 (2), 169-184.
- Wittrock, M. C. (1992). Generative learning processes of the brain. *Educational Psychologist*, 27 (4), 531-541.
- Yager, R. E. & Tamir, P. (1993). STS approach: Reasons, intentions, accomplishments and outcomes. *Science Education*, 77, 637-658.
- Yin, Y., Vanides, J. Ruiz-Primo, M. A., Ayala, C. C. & Shavelson, R. J. (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (2), 166-184.
- Ziller, T.: *Die Theorie der formalen Stufen des Unterrichts* (1876). Hrsg. J. Muth. Heidelberg 1965.

# Anhang

## A Schülerfragebogen zur Lernmotivation

### Liebe Schülerinnen und Schüler!

Mit diesem Fragebogen möchten wir etwas darüber erfahren, wie dir der Biologieunterricht gefällt und was du über den Biologieunterricht denkst. Deine Antworten bleiben hierbei natürlich anonym. Dein/e Biologielehrer/in wird diesen Fragebogen nicht sehen.

Bei den folgenden Aussagen sollst du von den vier verschiedenen Antwortmöglichkeiten immer diejenige ankreuzen, die deine Meinung am besten wiedergibt. Bitte versuche dich dabei immer möglichst spontan zu entscheiden.

Hier ist ein Beispiel, damit du weißt, wie das geht:

|                        | stimmt<br><b>nicht</b> | stimmt<br><b>kaum</b> | stimmt<br><b>fast</b> | stimmt<br><b>genau</b> |
|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Ich mag Krimis.</b> | <input type="radio"/>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |

Lies Dir zuerst die Aussage und die vier Antwortmöglichkeiten durch. Kreuze dann die Antwort an, die deine Meinung am besten wiedergibt.

- Wenn Du Krimis gar nicht magst, dann kreuzt Du in der ersten Spalte das Kästchen '*stimmt nicht*' an.
- Wenn Du Krimis eher nicht magst, dann kreuzt Du in der zweiten Spalte das Kästchen '*stimmt kaum*' an.
- Wenn Du Krimis meist gern magst und nur manchmal nicht so gerne, dann kreuzt Du in der dritten Spalte das Kästchen '*stimmt fast*' an.
- Wenn du Krimis immer gerne magst, dann kreuzt Du in der vierten Spalte das Kästchen '*stimmt genau*' an.

Wichtig ist, dass Du immer nur **ein** Kästchen ankreuzt.

Wenn Du nicht genau weißt, welches Kästchen Du ankreuzen sollst, dann entscheide Dich für das Kästchen, das Deiner Meinung am nächsten kommt.

**Es gibt hierbei keine richtigen oder falschen Antworten!**

Vielen Dank für deine Mithilfe!



**Warum strengst du dich im  
Biologieunterricht an?**

|  | stimmt<br>nicht       | stimmt<br>kaum        | stimmt<br>fast        | stimmt<br>genau       |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. ...weil ich möchte, dass mein Biologielehrer mit mir zufrieden ist.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2. ...weil von mir erwartet wird, dass ich mich im Unterricht anstrengende.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3. ...damit mich die anderen in der Klasse gut finden.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4. ...weil ich den Stoff verstehen möchte.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 5. ...weil es für mich wichtig ist, die Experimente zu begreifen.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 6. ...um zu erfahren, ob meine Antwort stimmt oder nicht.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 7. ...weil mir der Biologieunterricht Spaß macht.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 8. ...weil die Beschäftigung mit biologischen Themen und Gegenständen für mich wichtig ist, unabhängig von Schule oder anderen Personen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 9. ...weil ich möchte, dass mein Biologielehrer mich für einen guten Schüler/ eine gute Schülerin hält.                                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 10. ...weil es mir peinlich wäre, dabei ertappt zu werden „geschlafen“ zu haben.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |



**Warum machst du deine  
Biologiehausaufgaben?**

|   | stimmt<br>nicht       | stimmt<br>kaum        | stimmt<br>fast        | stimmt<br>genau       |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 11. ...weil von mir erwartet wird, dass ich meine Hausaufgaben mache. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 12. ...weil ich den Stoff verstehen möchte.                           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 13. ...damit mich meine Eltern loben.                                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 14. ...weil es für mich wichtig ist, die Experimente zu begreifen.    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 15....damit ich keinen Ärger mit meinen Eltern bekomme.               | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 16. ...um zu erfahren, ob meine Antwort stimmt oder nicht.            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 17. ...damit ich nicht zur Nachhilfe muss.                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

|   | stimmt<br>nicht       | stimmt<br>kaum        | stimmt<br>fast        | stimmt<br>genau       |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 18. Biologie gehört zu meinen Lieblingsfächern.                                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 19. Meistens freue ich mich auf die nächste Biologiestunde.                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 20. Von allen Hausaufgaben finde ich die Biologiehausaufgaben am schlimmsten.      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 21. Oft habe ich keine Lust auf den Biologieunterricht.                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 22. Ab und zu schau ich mir in meinem Biologiebuch an, was als nächstes drankommt. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 23. Am liebsten würde ich mich überhaupt nicht mit Biologie beschäftigen.          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 24. Biologie interessiert mich nicht.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 25. Ich mache für Biologie mehr als ich muss.                                      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 26. Was wir im Biologieunterricht machen interessiert mich nicht.                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 27. Nach der Schule beschäftige ich mich mit Tieren und Pflanzen.                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 28. Biologiehausaufgaben finde ich ätzend.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

stimmt  
nichtstimmt  
kaumstimmt  
faststimmt  
genau**Wie viel machst du für Biologie?**

29. Im Biologieunterricht gebe ich mir Mühe, alles zu verstehen.

☐☐☐☐

30. Vor den Biologiehausaufgaben würde ich mich oft am liebsten drücken.

☐☐☐☐

31. Ich mache meine Biologiehausaufgaben so gut wie möglich.

☐☐☐☐

32. Wenn wir einen Biologietest schreiben, strenge ich mich immer sehr an.

☐☐☐☐

33. Bei meinen Hausaufgaben versuche ich immer, alle Biologieaufgaben so gut wie möglich zu lösen.

☐☐☐☐

34. Wenn der Lehrer mich etwas fragt, gebe ich mir immer viel Mühe, die richtige Antwort zu geben.

☐☐☐☐



## B Leistungstest

**Liebe Schülerin, lieber Schüler!**

Wir freuen uns über deine Mithilfe und werden dir im Folgenden kurz erklären, worum es geht.

Auf den folgenden Seiten findest du einige Biologieaufgaben zum **Thema „Blut und Blutkreislauf“**. Versuche so viele Aufgaben wie möglich zu lösen, auch wenn nicht alle Aufgaben im Unterricht besprochen wurden. Es ist nicht schlimm, wenn du nicht alle Aufgaben lösen kannst. Dein(e) Biologielehrer(in) wird deine Antworten nicht sehen und nicht bewerten. Beachte bitte, dass auch auf der Rückseite Aufgaben stehen.

Neben den Aufgaben stehen Kästchen. Mache in das Kästchen mit der richtigen Antwort ein Kreuz. **Es ist immer nur ein Kästchen richtig!**

Hier eine Beispielaufgabe:

**Welches der folgenden Tiere ist ein Säugetier?**

- ☐ A Hai
- ☒ B Wal
- ☐ C Pinguin
- ☐ D Thunfisch

Hast du aus Versehen das Kreuz in ein falsches Kästchen gesetzt, dann male dieses Kästchen aus und kreuze das richtige Kästchen an.

Bei manchen Aufgaben sollst du ein einzelnes Wort auf die dafür vorgesehene Linie schreiben.

Hier eine Beispielaufgabe:

**In welchem Organ des menschlichen Körpers wird Salzsäure gebildet?**

----- (ein Wort). Schreibe die Antwort auf den Strich: Magen.

Wir wünschen dir viel Erfolg!



**Bedenke:** Es ist immer nur eine Antwort richtig! Kreuze diese an.

**1. Welcher Begriff passt nicht zum Thema Blut?**

- A Nährstofftransport
- B Wärmeregulation
- C Verdauung von Nahrung
- D Transport von Stoffwechselprodukten.

**2. Unter Kapillaren versteht man...**

- A sehr große Arterien
- B kleine Venen am Herzen
- C kleinste Blutgefäße
- D große Blutgefäße im Gehirn

**3. Die Aufgabe der Blutplättchen ist...**

- A bei der Blutgerinnung mitzuwirken.
- B Sauerstoff zu transportieren.
- C Abwehrstoffe zu bilden.
- D körperfremde Stoffe zu erkennen.

**4. Warum besitzt die linke Herzkammer eine viel dickere Muskulatur als die rechte Herzkammer?**

- A Die linke Herzkammer muss das Blut in den gesamten Körperkreislauf pumpen.
- B Die linke Herzkammer ist 3mal so groß wie die rechte und braucht daher viel mehr Muskulatur.
- C Die linke Herzkammer muss das Blut in das feine Kapillarsystem der Lunge pumpen.
- D Die linke Herzkammer muss das Blut besonders schnell pumpen.

**5. Welcher Blutbestandteil ist für die Abwehr von Krankheiten verantwortlich? (ein Wort)**

\_\_\_\_\_

**6. Eine Arterie ist ...**

- A ein Gefäß, das Blut zum Herzen hin führt.
- B ein Gefäß, das Lymphe zum Herzen hin führt.
- C ein Gefäß, das Blut vom Herzen weg führt.
- D ein Gefäß, das Lymphe vom Herzen weg führt.

**7. Skizziere innerhalb des gestrichelten Rahmens einen Querschnitt durch ein rotes Blutkörperchen! (nur äußere Form)****8. Ordne den Begriffen 1 bis 6 jeweils eines der beiden Prinzipien A oder B zu!**

- |                   |   |   |
|-------------------|---|---|
| 1. Nährstoffe     | A | B |
| 2. Lungenbläschen | A | B |
| 3. Darmzotten     | A | B |
| 4. Sonnenlicht    | A | B |
| 5. Kapillaren     | A | B |
| 6. Zellatmung     | A | B |

A = Energie

B = Oberflächenvergrößerung

**9. Was ist die Hauptaufgabe der roten Blutkörperchen?**

- A Krankheiten im Körper zu bekämpfen
- B Sauerstoff zu allen Körperteilen zu transportieren
- C Kohlenstoffmonoxid aus allen Körperteilen abzutransportieren
- D Stoffe herzustellen, die das Blut gerinnen lassen

**10. Herr Pfeifer ist 50 Jahre alt. Er ernährt sich von zu vielen fetthaltigen Lebensmitteln, so dass sich Fette und andere Stoffe in seinen Arterien ablagern. Was ist die Folge dieser Ablagerungen?**

- A der Blutdruck sinkt.
- B der Blutdruck steigt.
- C die Herzmuskulatur wird schwächer.
- D der Wassergehalt des Blutes nimmt ab.

**11. Wähle den Begriff aus, der die Reihe logisch fortsetzt:**

**Blut, Blutzellen, Weiße Blutkörperchen, ....**

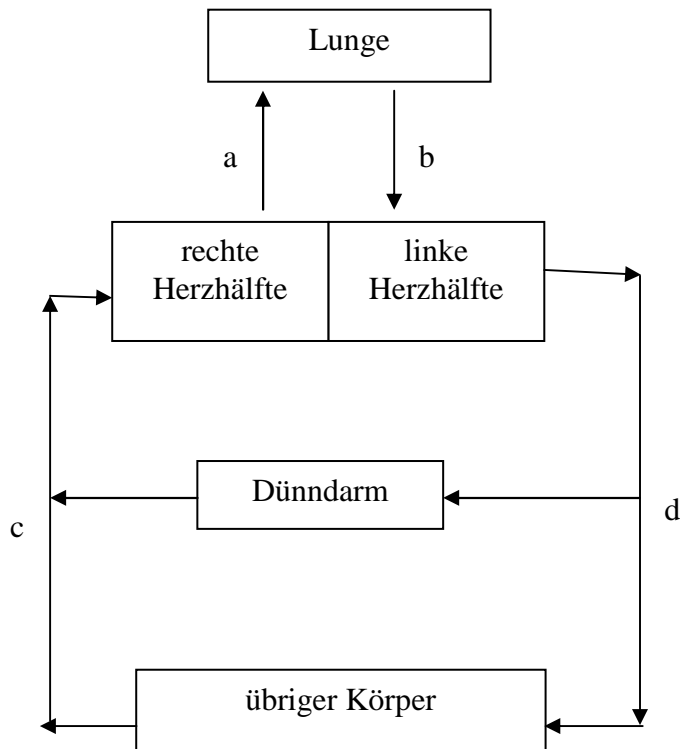
- A Nährstofftransport
- B Sauerstofftransport
- C Krankheitsabwehr
- D Zellatmung

**12. Wähle den Begriff aus, der die Reihe logisch fortsetzt:**

**Herz, Aorta, Arterien,...**

- A Taschenklappen
- B Kapillaren
- C Venenklappen
- D Gefäßwand

**13. In der Abbildung ist stark vereinfacht dargestellt, wie das Blut im menschlichen Körper fließt. Die Linien sollen Blutgefäße darstellen. In welchen Blutgefäßen fließt sauerstoffreiches Blut?**



- A a und b
- B c und d
- C a und d
- D b und d

**14. Peter hat weniger rote Blutkörperchen als Dennis. Daher trifft Folgendes am ehesten zu:**

- A Peter wird eher krank als Dennis.
- B Peter hat einen höheren Blutdruck als Dennis.
- C Peter ist beim Ausdauerlauf gegenüber Dennis benachteiligt.
- D Peter hat ein kleineres Herz als Dennis.

**15. Ein Mensch mit der Blutgruppe AB kann bei Blutverlust mit Blutzellen aller Blutgruppen versorgt werden, weil...**

- A er Antikörper gegen die Blutgruppen A und B hat.
- B sein Blut keine Antikörper gegen andere Blutgruppen hat.
- C er keine Antikörper gegen die Blutgruppe AB hat.
- D seine Blutzellen keine Antigene haben.

**16. Welche Aussage zur Lungenarterie ist richtig?**

- A Sie führt Blut von der Lunge zum Herzen.
- B Sie führt sauerstoffreiches Blut.
- C Sie geht von der rechten Herzhälfte aus.
- D Sie versorgt die Lunge mit Sauerstoff.

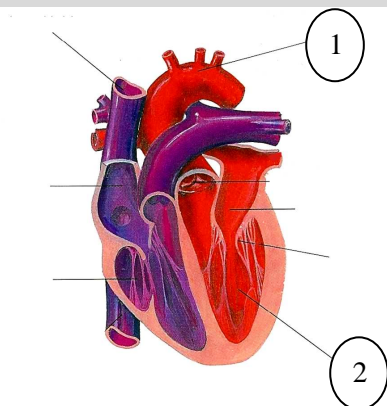
**17. Der Druck, der in der rechten Herzkammer entsteht, ist im Vergleich zum Druck in der linken Herzkammer**

- A genau so groß
- B viel höher
- C viel niedriger
- D mal höher und mal niedriger

**18. Wähle den Begriff aus, der die Reihe logisch fortsetzt!**

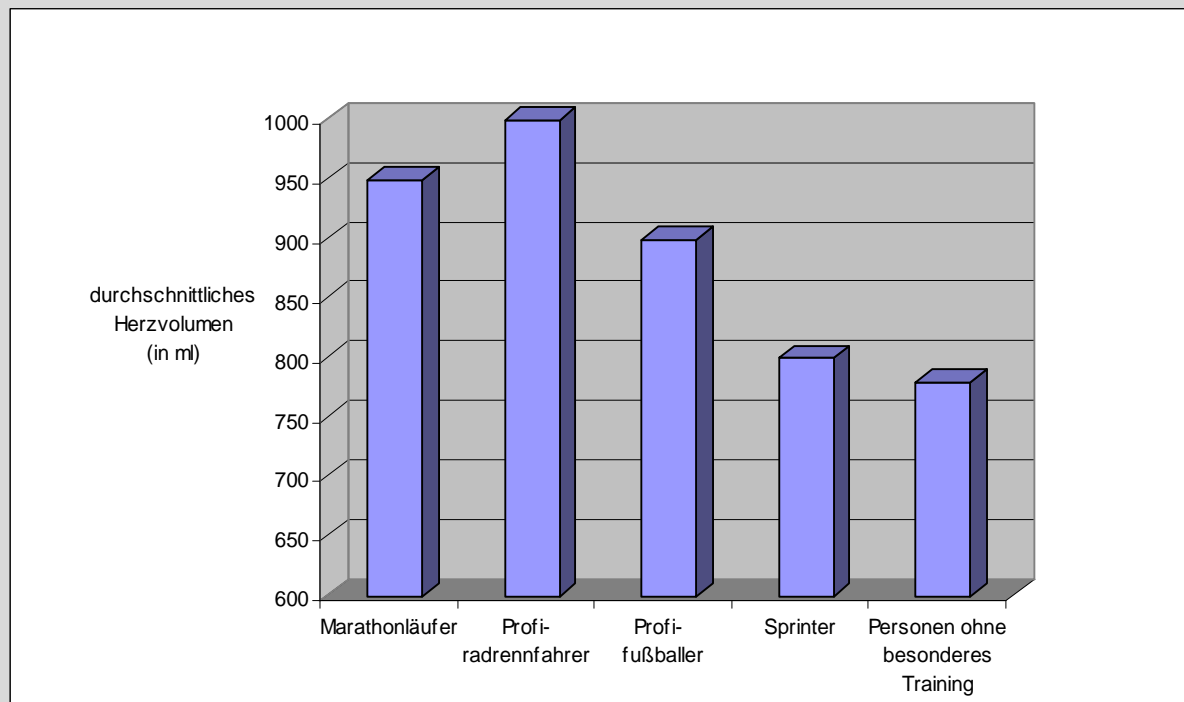
**Rote Blutkörperchen, Hämoglobin, Sauerstoff, ...**

- A Körpertemperatur
- B Zellatmung
- C Blutgerinnung
- D Verdauung

**19. Beschrifte die Teile des Herzens, die mit einer Zahl gekennzeichnet sind!**

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

**20. Folgendes Diagramm ist gegeben:****Welche der folgenden Aussagen lässt sich nicht aus dem Diagramm entnehmen?**

- A Es besteht eine Beziehung zwischen der Art des körperlichen Trainings und dem Volumen des Herzens.
- B Je häufiger man Sport treibt, desto größer ist das Herz.
- C Marathonläufer haben durchschnittlich ein größeres Herzvolumen als Sprinter.
- D Fußballer haben ein durchschnittliches Herzvolumen von etwa 900 ml.

**21. Welche Aussage ist richtig?**

- A Venen transportieren immer sauerstoffarmes Blut.
- B Arterien besitzen im Innern Klappen.
- C Venen führen das Blut immer in Richtung Herz.
- D Arterien transportieren immer sauerstoffarmes Blut.

**22. Das Blut durchfließt im Menschen nacheinander mehrere Stationen. Welche der folgenden Abfolgen ist richtig?**

- A Herz – Lunge – Gehirn – Eingeweide – Herz
- B Herz – Gehirn – Herz – Lunge – Herz
- C Herz – Gehirn – Eingeweide – Herz – Lunge
- D Herz – Gehirn – Herz – Eingeweide – Herz – Lunge

**23. Was passiert, wenn Blut der Blutgruppe 0 und Blut der Blutgruppe A gemischt werden?**

- A Es wird sofort verklumpen.
- B Es wird nicht verklumpen.
- C Es wird erst nach einiger Zeit verklumpen.
- D Es wird erst verklumpen, aber nach einiger Zeit wird sich die Verklumpung auflösen.

**24. Welche(n) Vorteil(e) haben die roten Blutkörperchen durch ihre spezielle Form?**

- A Sie haben dadurch ein besonders großes Volumen.
- B Sie sind dadurch besonders stabil und haben eine längere Lebensdauer als andere Zellen im Blut.
- C Sie sind dadurch sehr flexibel und haben eine größere Oberfläche.
- D Sie haben dadurch eine besonders kleine, abgerundete Oberfläche und weniger störenden Kontakt zu anderen Blutkörperchen.

**25. Das sauerstoffarme Blut aus dem Körper gelangt über .... in die Herzkammer.**

- A die Aorta
- B den rechten Vorhof
- C den linken Vorhof
- D die Lungenvene

**26. Wie heißt der flüssige Bestandteil des Blutes? (ein Wort)**

\_\_\_\_\_

**27. Im menschlichen Körper gibt das Blut den Sauerstoff an das Gewebe ab. Wo geschieht das?**

- A In den Arterien
- B In den Venen
- C In den Kapillaren
- D In der Aorta



**28. Welche der genannten Erklärungen beschreibt eine Vene am besten?**

**Eine Vene ...**

- A transportiert Blut in Richtung Herz
- B transportiert nur sauerstoffarmes Blut
- C transportiert Blut vom Herzen weg
- D transportiert nur sauerstoffreiches Blut

**29. Welcher Begriff passt am wenigsten zum Thema Blutgerinnung?**

- A Wundverschluss
- B Blutplättchen
- C Blutplasma
- D Blutgruppen

**30. Das Kohlenstoffdioxid wird hauptsächlich...**

- A von den Blutplättchen transportiert.
- B von den roten Blutkörperchen transportiert.
- C von den weißen Blutkörperchen transportiert.
- D von dem Blutplasma transportiert.

Bitte prüfe noch einmal, ob du alle Aufgaben bearbeitet hast.

Vielen Dank.



## C Anleitung zur Erstellung eines Begriffsnetzes

**Liebe Schülerin, lieber Schüler!**

Konstruiere in dieser Stunde bitte ein **Begriffsnetz zum Thema „Blut und Blutkreislauf“**, welches dein Wissen zu diesem biologischen Thema am besten wieder gibt.

Ein Begriffsnetz besteht aus vorgegebenen Begriffen und Zusammenhängen zwischen diesen Begriffen, so dass ein möglichst **stark verzweigtes Netz** entsteht! Verwende dabei nur die Begriffe, die du kennst und überlege, wie sie zusammenhängen.

**Beachte!** Das Netz soll deinen Vorstellungen zum Thema „Blut und Blutkreislauf“ entsprechen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Begriffsnetze!

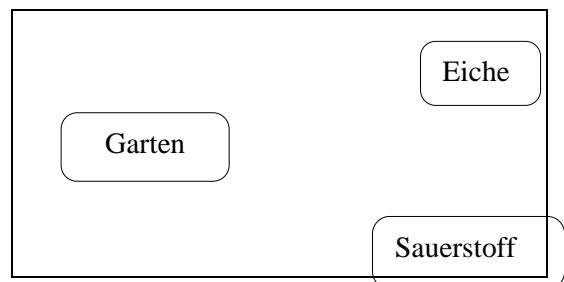
**Wie konstruiere ich ein Begriffsnetz?**

1. **Lies** dir alle Begriffe gut durch.

Begriffe, die du nicht kennst, klebe bitte links unten in die Ecke des DIN A3 Papiers!

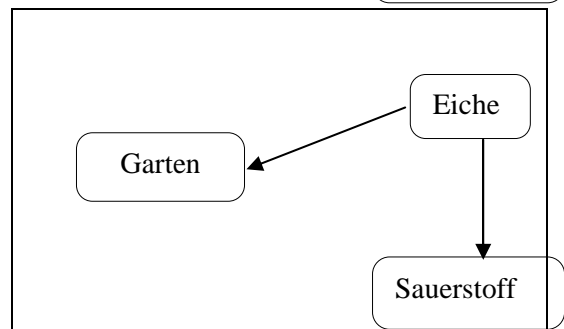
Füge bitte keine Begriffe zusätzlich hinzu.

2. **Verschiebe** die übrigen Begriffe auf dem Papier so lange, bis für dich eine möglichst sinnvolle Anordnung entstanden ist.

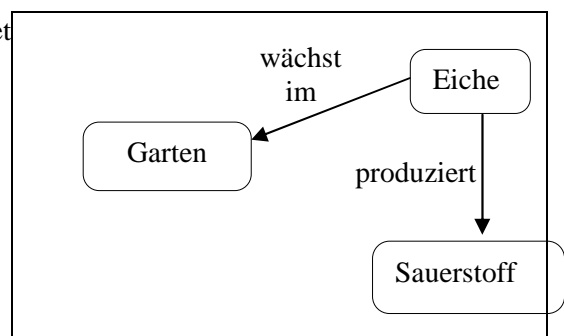


3. **Klebe** die Begriffe auf.

**Verbinde** jetzt mit Pfeilen die Begriffe zwischen denen für dich bedeutsame Zusammenhänge bestehen.

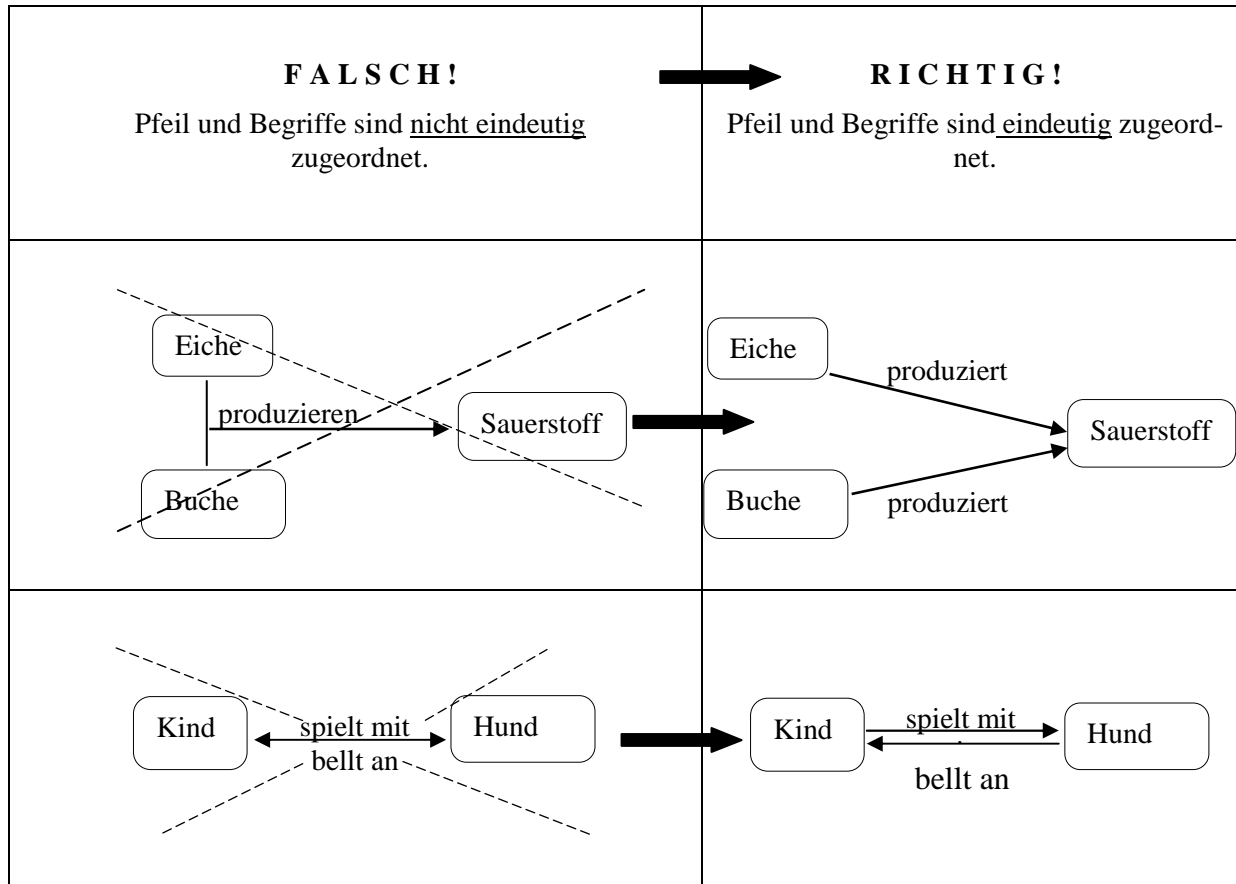


4. **Beschrifte** jeden gezeichneten Pfeil möglichst konkret und eindeutig mit einem Wort, einer Wortgruppe, einem Gesetz, einer kleinen Erklärung, einem Zusammenhang etc.





**Bitte beachte !!!**



Die folgenden Begriffe zum Thema „Blut und Blutkreislauf“ findest du im Umschlag:

- |               |                      |                |
|---------------|----------------------|----------------|
| 1. Herz       | 2. Blutgruppen       | 3. Zellatmung  |
| 4. Blut       | 5. Muskeln           | 6. Kreislauf   |
| 7. Nährstoffe | 8. Krankheitserreger | 9. Blutspende  |
| 10. Bewegung  | 11. Blutkörperchen   | 12. Sauerstoff |
| 13. Arterie   | 14. Energie          | 15. Blutdruck  |

**Viel Erfolg und vielen Dank!**

## D Kategoriensystem zur Auswertung der Begriffsnetze

Tab. 36: Bewertung der generierten Relationen in den Begriffsnetzen

| Korrektheit  | Beschreibung   | Beispiele  |
|--|--|--|
| <b>falsch</b><br>(0 Punkte)                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Relation ist fachlich inkorrekt.</li> <li>- Die Relation ist unsinnig.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Blut</b> entsteht aus <b>Blutkörperchen</b>.</li> <li>- <b>Blutkörperchen</b> verursachen <b>Krankheitserreger</b>.</li> <li>- <b>Muskeln</b> schaffen <b>Energie</b>.</li> <li>- <b>Blutgruppen</b> sind enthalten im Plasma des <b>Blutes</b>.</li> <li>- <b>Blutkörperchen</b> enthalten <b>Nährstoffe</b>.</li> <li>- <b>Zellatmung</b> bringt <b>Sauerstoff</b>.</li> </ul>   |
| <b>teilweise richtig / fachlich ungenau</b><br>(1 Punkt) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Relation ist teilweise korrekt oder fachlich ungenau.</li> <li>- Die Relation ist unvollständig.</li> <li>- Die Relation ist vage.</li> <li>- Die Relation ist richtig im Alltagssinn.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Blutkörperchen</b> bekämpfen <b>Krankheitserreger</b>.</li> <li>- <b>Blut</b> enthält <b>Krankheitserreger</b>.</li> <li>- <b>Blutgruppen</b> müssen bei <b>Blutspende</b> gleich sein.</li> <li>- <b>Nährstoffe</b> bringen <b>Energie</b>.</li> <li>- <b>Blutkörperchen</b> transportieren <b>Sauerstoff</b>.</li> <li>- Durch den <b>Blutdruck</b> kommt das <b>Blut</b> in den <b>Kreislauf</b>.</li> <li>- <b>Blutgruppen</b> sind notwendig für <b>Blutspende</b>.</li> <li>- <b>Blutkörperchen</b> sind im <b>Kreislauf</b>.</li> </ul>   |
| <b>richtig / fachlich genau</b><br>(2 Punkte)            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Relation beinhaltet korrektes / fachlich genaues Wissen über biologische Inhalte.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auf den roten <b>Blutkörperchen</b> gibt es verschiedene Antigene. Im <b>Blut</b> gibt es entsprechend unterschiedliche Antikörper. Darin unterscheiden sich die <b>Blutgruppen</b>.</li> <li>- Bei der <b>Blutspende</b> muss die <b>Blutgruppe</b> beachtet werden, um Agglutination zu vermeiden.</li> <li>- Verbrennung von <b>Sauerstoff</b> setzt <b>Energie</b> frei.</li> <li>- Durch die Pumpleistung des <b>Herzen</b> entsteht ein gewisser <b>Blutdruck</b>.</li> <li>- <b>Nährstoffe</b>, wie z.B. Kohlenhydrate und Fette, liefern <b>Energie</b>.</li> <li>- <b>Krankheitserreger</b> können bei einer <b>Blutspende</b> vom Spender zum Empfänger übertragen werden; daher darf nur gesundes <b>Blut</b> gespendet werden.</li> <li>- <b>Blut</b> wird unterteilt in verschiedene <b>Blutgruppen</b>: A, B, AB und O und dann gibt es noch den Rhesusfaktor.</li> </ul> |

|                              |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Muskeln</b> benötigen <b>Sauerstoff</b>.</li> <li>- <b>Blut</b> transportiert <b>Nährstoffe</b>.</li> <li>- Das <b>Herz</b> ist ein <b>Muskel</b>.</li> <li>- <b>Energie</b> macht <b>Bewegung</b> möglich.</li> <li>- <b>Blutdruck</b> ist der Druck auf die Gefäßwände, z.B. einer <b>Arterie</b>.</li> </ul>  |
|------------------------------|--|--|
| Gehalt                       | Beschreibung   | Beispiele  |
| <b>niedrig</b><br>(0 Punkte) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Relation besitzt keinerlei Erklärungscharakter.</li> <li>- Die Relation enthält einen geringen Fachinhalt.</li> <li>- Die Relation ist trivial, wenig spezifisch, alltags- oder umgangssprachlich formuliert.</li> <li>- Die Relation ist simpel, z.B. aus den vorgegebenen Begriffen zusammengesetzt.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Blutkörperchen</b> sind im <b>Kreislauf</b>.</li> <li>- <b>Blut</b> hat <b>Blutkörperchen</b>.</li> <li>- <b>Herz</b> wichtig für den <b>Kreislauf</b>.</li> <li>- <b>Blut</b> kann gespendet werden [<b>Blutspende</b>].</li> <li>- <b>Blut</b> braucht man zur <b>Blutspende</b>.</li> <li>- <b>Blut</b> wird dem Körper entnommen für <b>Blutspende</b>.</li> </ul>   |
| <b>mittel</b><br>(1 Punkt)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Relation hat einen beschreibenden Charakter.</li> <li>- Die Relation beinhaltet ein Aktivitätsmerkmal, z.B. transportieren, bekämpfen, pumpen etc.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Arterie</b> [ist eine] große Ader, die wegführt vom <b>Herz</b>.</li> <li>- <b>Blut</b> wird vom <b>Herz</b> durch den Körper gepumpt.</li> <li>- <b>Blutkörperchen</b> bekämpfen <b>Krankheitserreger</b>.</li> <li>- <b>Blut</b> enthält <b>Krankheitserreger</b>.</li> <li>- <b>Blutgruppen</b> müssen bei <b>Blutspende</b> gleich sein.</li> <li>- Der Aufbau von <b>Blut</b> bestimmt die <b>Blutgruppen</b>.</li> <li>- <b>Blutkörperchen</b> transportieren <b>Sauerstoff</b>.</li> <li>- Das <b>Herz</b> pumpt das <b>Blut</b> in verschiedene Organe.</li> <li>- Durch den <b>Blutdruck</b> kommt das <b>Blut</b> in den <b>Kreislauf</b>.</li> <li>- <b>Blut</b> transportiert <b>Nährstoffe</b>.</li> </ul> <p>Der <b>Kreislauf</b> wird vom <b>Herz</b> angetrieben.<br/><b>Herz</b> pumpt <b>Blut</b>.</p> |

|                                   |   |  |
|-----------------------------------|---|--|
| <p><b>hoch</b><br/>(2 Punkte)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Relation hat einen kausalen, funktionalen, konsekutiven oder ähnlichen Erklärungscharakter.</li> <li>- Die Relation beschreibt eine Abhängigkeit und/oder einen Zusammenhang („ist abhängig von“, „führt zu“).</li> <li>- Die Relation zeigt ein hohes biologisches Verständnis, z.B. durch die richtige Verwendung abstrakter Begriffe (z.B. Energie oder Zellatmung).</li> <li>- Die Relation beinhaltet Prinzipien oder Fachwörter.</li> <li>- Die Relation ist elaboriert.</li> <li>- Die Relation trägt mit zusätzlichen Informationen zum Fachinhalt bei, z.B. auch durch Geben von Beispielen.</li> <li>- Die Relation ist spezifisch, abstrakt, vollständig bzw. umreißend.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Blutkörperchen</u> verklumpen beim Wundverschluss zum Schutz vor <u>Krankheitserreger</u>.</li> <li>- Durch <u>Energie</u>, die die <u>Muskeln</u> aus den <u>Nährstoffen</u> und dem <u>Sauerstoff</u> erhalten, können sie den Körper bewegen.</li> <li>- Auf den roten <u>Blutkörperchen</u> gibt es verschiedene Antigene. Im <u>Blut</u> gibt es entsprechend unterschiedliche Antikörper. Darin unterscheiden sich die <u>Blutgruppen</u>.</li> <li>- Bei der <u>Blutspende</u> muss die <u>Blutgruppe</u> beachtet werden, um Agglutination zu vermeiden / da sonst das <u>Blut</u> verklumpt.</li> <li>- Die Verbrennung von <u>Sauerstoff</u> setzt <u>Energie</u> frei.</li> <li>- <u>Blut</u> fließt durch <u>Arterien</u> und Venen und bildet so einen <u>Kreislauf</u>.</li> <li>- Durch die Pumpleistung des <u>Herzen</u> entsteht ein gewisser <u>Blutdruck</u>.</li> <li>- <u>Nährstoffe</u>, wie z.B. Kohlenhydrate und Fette liefern <u>Energie</u>.</li> <li>- <u>Blut</u> wird unterteilt in verschiedene <u>Blutgruppen</u>: A, O, B und AB und da gibt es noch den Rhesusfaktor, der unterscheidet.</li> </ul> |
|-----------------------------------|---|--|

## E Kategoriensystem zur Erfassung weiterer Vernetzungsaspekte im Biologieunterricht

**Tab. 37: Kategoriensystem zur Erfassung vertikaler Vernetzung im Biologieunterricht.** Gegenstand der Kodierung sind Lehrer- und Schüleräußerungen. Diese können mündlich oder schriftlich sein. Das Kategoriensystem besteht aus je vier Variablen auf Lehrer- und Schülerseite. Die Variablen sind in (mehrere) disjunkte Kategorien unterteilt. Die Kodierung wird zeitbasiert in 10 Sekundenintervallen mit Hilfe des Computerprogramms Videograph (Rimmele, 2002) durchgeführt. Die Abkürzung UE steht für Unterrichtseinheit.

| Variable                                  | Grundidee  | Kategorien                                      | Beispiele   | allgemeine Bemerkungen |
|---|--|---|---|------------------------|
| <b>Herkunft des fachlichen Vorwissens</b> | <p>In jeder Unterrichtsstunde hat der Lehrer die Möglichkeit, besprochene Unterrichtsinhalte zu wiederholen oder – insbesondere zu Beginn eines neuen Unterrichtsthemas – bereits vorhandene Wissensbestände der Schüler zu erfragen.</p> <p>Mit dieser Variablen wurde die <i>Herkunft des fachlichen Vorwissens</i> erfasst.</p> <p>Es wurden zwei Arten von fachlichem Vorwissen unterschieden: Vorwissen, welches offenbar aus einem vorangegangenen Biologieunterricht herrührt (Kategorien: Vorwissen aus <i>der letzten Biologiestunde</i>, <i>der aktuellen Unterrichtseinheit</i>, <i>einer anderen Unterrichtseinheit</i>) und Vorwissen, dass der Schüler bereits vor Erarbeitung des neuen Unterrichtsinhalts zum Thema besitzt (Kategorie: Vorwissen, <i>Herkunft nicht erkennbar</i>).</p> <p>Vorwissen aus einem anderen Unterrichtsfach (z.B. Chemie, Physik, Philosophie, Fremdsprachen etc.) wurde ebenfalls erfasst (Kategorie: Vorwissen <i>aus einem anderen Fach</i>).</p> | Vorwissen aus der <b>letzten Biologiestunde</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Aufgaben der Blutbestandteile<br/>Lehrer: „Kurze Wiederholung der letzten Stunde. Wer zählt mir noch mal die einzelnen Bestandteile des Blutes auf?“<br/>Lehrer oder Schüler: „Wir hatten gestern besprochen, dass rote und weiße Blutkörperchen unterschiedliche Funktionen haben, nämlich der Transport von Sauerstoff und Kohlendioxid bzw. die Abwehr und Bekämpfung von Krankheitserregern.“</li> <li>• Thema Ernährung und Verdauung<br/>Lehrer: „Wer zählt noch mal die einzelnen Nahrungsbestandteile auf, die wir letzte Stunde an die Tafel geschrieben hatten?“</li> <li>• Thema Mechanismen der Meiose<br/>Lehrer: „Kurze Wiederholung der letzten Stunde. Was bedeuten die Begriffe ‚haploid‘ und ‚diploid‘?“<br/>Schüler: „Die Zelle hat einen einfachen bzw. einen doppelten Chromosomensatz.“</li> </ul> |                        |

|  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|---|
|  |  | <p>Vorwissen aus der <b>aktuellen Unterrichtseinheit</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blut, Blutbestandteile und Aufgaben (im Rahmen der Unterrichtseinheit Blut und Blutkreislaufsystem)</li> </ul> <p>Lehrer: „<i>Ihr wisst ja schon, dass sich unser Blut aus festen und flüssigen Bestandteilen zusammensetzt.</i>“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema gesunde Ernährung (im Rahmen der Unterrichtseinheit Verdauung)</li> </ul> <p>Schüler auf das Problem der besprochenen Risiken von Fettleibigkeit: „<i>Zuviel Fett in der Nahrung kann dazu führen, dass sich in den Gefäßen Ablagerungen ansammeln, die Gefäße dadurch verengt werden und das Risiko eines Herzinfarkts steigt.</i>“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Transportvorgänge (im Rahmen der Unterrichtseinheit Stoffwechsel)</li> </ul> <p>Lehrer oder Schüler: „<i>Wir hatten besprochen, dass die Diffusion ein wichtiger Transportvorgang in biologischen Systemen ist. Durch sie erfolgt der Gastransport auf der Zellebene.</i>“</p> | <p>Kann bei der Kodierung innerhalb der Unterrichtseinheit nicht entschieden werden, ob das fachliche Vorwissen aus der aktuellen Unterrichtseinheit oder aus der letzten Biologiestunde stammt, wird die Kategorie: Vorwissen aus der aktuellen Unterrichtseinheit kodiert.</p>  |
|  |  | <p>Vorwissen aus einer <b>anderen Unterrichtseinheit</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• In der Unterrichtseinheit Ökologie</li> </ul> <p>Lehrer: „<i>Welche Arten der Fortpflanzung hatten wir im Rahmen der Genetik besprochen?</i>“</p> <p>Schüler: „<i>Die sexuelle und die asexuelle Vermehrung, z.B. durch Stecklinge.</i>“</p> <p>(aus UE: Fortpflanzung und Entwicklung)</p>   | <p>Die Variable ist auch bei Schülerfragen zu kodieren, wenn diese fachlich richtiges Vorwissen beinhalten, z.B. nach Bestätigung oder Absicherung suchende Fragen, wie: „<i>Die Leukozyten waren die weißen Blutkörperchen, oder?</i>“</p> <p>Vermutungen (im Sinne von Raten), Vorstellungen, persönliche Erfahrungen und dergleichen sind nicht Gegenstand der Variablen. Zur Verdeut-</p> |



|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• In der UE Ernährung und Verdauung<br/>Lehrer: „Was haben wir damals bei regelmäßiger Bewegung festgestellt?“<br/>Schüler: „Durch Training konnten die Muskeln vergrößert werden.“<br/>(aus UE: Bewegung)</li> <li>• In der Unterrichtseinheit Blut und Blutkreislaufsystem<br/>Lehrer: „Weiß jemand noch, was eine Oberflächenvergrößerung bedeutet?“<br/>[Im Rahmen der aktuellen Unterrichtseinheit neu.]<br/>Schüler: „Es können mehr Stoffe aufgenommen und abgegeben werden.“<br/>(aus UE: Ernährung und Verdauung)</li> </ul> | <p>lichung sei folgendes Beispiel angeführt:<br/>Auf die vom Lehrer in einer Einführungsstunde zum Thema Blutgruppen gestellte Frage: „Warum verklumpte das Blut nach seiner Übertragung [im Körper des Patienten]?“ kann ein Schüler unterschiedliche Antworten geben. Bei einer Antwort, wie „Das Blut verklumpte, weil es nicht zur Blutgruppe des Empfängers passte“ trifft die Kategorie fachliches Vorwissen (Kategorie: Herkunft nicht erkennbar) zu. Bei einer Antwort, wie „Vielleicht war im anderen Körper nicht genug Platz“ handelt es sich hingegen nicht um fachliches Vorwissen, sondern um eine Vermutung und wird daher nicht kodiert.</p> <p>Die Entscheidung, welche Kategorie zu kodieren ist, ist von der Stellung im Unterricht abhängig. Im oben genannten Beispiel würde in einer Wiederholungsstunde dieselbe Lehrerfrage und erste Schülerantwort in der Kategorie: Vorwissen <i>aus der letzten Biologiestunde</i> kodiert werden. Bei der Kodierung ist daher auf die Stellung der Frage (Antwort) im Unterricht und die Intention des Lehrers zu achten.</p> <p>Vorstellungen oder persönliche Erfahrungen sind ggf. bei der Variablen <i>Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen</i> zu kodieren.</p> |
|--|--|--|--|--|

|   |  |  |   |  |
|---|--|--|---|--|
|   |  | Vorwissen,<br>Herkunft <b>nicht</b><br><b>erkennbar</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blut und Blutkreislauf<br/>Lehrer: „Was wisst ihr schon über das Thema Blut?“<br/>Schüler: „Es gibt feste und flüssige Blutbestandteile.“</li> <li>• Thema Verdauung<br/>Lehrer: „Wisst ihr, in welchen Nahrungsmitteln besonders viel Eisen vorhanden ist?“</li> <li>• Thema Vererbung<br/>Schüler: „Ich glaube, dass das Erbmaterial aus DNA besteht.“</li> </ul>  | Die Kategorie: <i>Herkunft nicht erkennbar</i> wird kodiert, wenn nicht ermittelt werden kann, woher das Vorwissen stammt. Dies kann vor allem dann auftreten, wenn der Lehrer ein neues Thema oder eine neue Unterrichtseinheit beginnt und fachliche Vorwissensbestände der Schüler erfragt.   |
|   |  | Vorwissen aus<br>einem <b>anderen</b><br><b>Fach</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blutdruckmessung<br/>Lehrer: „Was bedeutet die Einheit mm/Hg? Wofür steht Hg? Das wisst ihr bestimmt aus dem Chemieunterricht.“<br/>Schüler: „Hg steht für Quecksilber.“</li> </ul>  |  |
| <b>Herstellen<br/>inhaltlicher<br/>Bezüge</b> | Bei der Variablen <i>Herstellen inhaltlicher Bezüge</i> stehen Äußerungen im Mittelpunkt, die dazu anregen, eine Verknüpfung zwischen dem aktuellen Unterrichtsinhalt und einem Inhalt aus einem vergangenen Unterricht herzustellen.<br><br>Der Lehrer macht deutlich, wann bzw. in welchem anderen, vergangenen Zusammenhang der aktuelle Unterrichtsinhalt von Bedeutung ist.<br><br>Einzelne fachliche Wissenselemente werden dabei <u>explizit</u> in eine Beziehung zueinander gebracht und so miteinander vernetzt (Kategorie: Herstel- | Herstellen<br>inhaltlicher<br>Bezüge zu einem<br><b>vergangenen Unterrichtsinhalt</b><br>[Rückbezug] | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Atmung, in einer zurückliegenden Biologiestunde Transport und Verdauung der Nahrung<br/>Lehrer: „Wie meint ihr, kann man die erforderliche Sauerstoffversorgung größerer Organismen gewährleisten? Denkt mal an das Thema Verdauung, da hatten wir so etwas ähnliches schon einmal!“<br/>Schüler: „Durch eine Oberflächenvergrößerung der Lunge, so dass die Austauschfläche vergrößert wird, wie das im Darm durch die Darmzotten gemacht wird.“</li> </ul> | Es werden ausschließlich fachlich-inhaltliche Bezüge kodiert. Verweise organisatorischer Art sind nicht Gegenstand der Kodierung.<br><br>Fachliches Vorwissen, das vom Lehrer lediglich erfragt bzw. vom Schüler nur genannt wird, ohne dass ein inhaltlicher Bezug hergestellt wird, ist nicht Gegenstand der Kodierung.<br><br>Bei dieser Variablen ist zugleich die Variable <i>Herkunft des fachlichen Vorwissens</i> zu kodieren, wenn die Äußerung fachlich richtig ist. |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  | <p>len inhaltlicher Bezüge <i>zu einem vergangenen Unterrichtsinhalt</i>). Der Lehrer ermöglicht den Schülern, ihr Wissen aus einem vorangegangenen Biologieunterricht nicht nur zu nennen, sondern es in einen Zusammenhang mit dem aktuellen Fachinhalt zu stellen und es dadurch zu erweitern. Wissen aus dem vergangenen Biologieunterricht wird explizit geäußert und z.B. zur Beantwortung einer neuen Fragestellung genutzt.</p> <p>Des Weiteren kann der Lehrer durch Herstellen eines Bezugs zu einem zukünftigen Lerninhalt Unterrichtsinhalte vernetzen (Kategorie: Herstellen inhaltlicher Bezüge <i>zu einem zukünftigen Unterrichtsinhalt</i>).</p> <p>In der Biologie können zudem durch übergeordnete Basiskonzepte innerfachliche Bezüge hergestellt werden (Kategorie: Herstellen inhaltlicher Bezüge <i>durch Nutzung eines Basiskonzepts</i>). Sie dienen dazu, Fachinhalte zu strukturieren und zu systematisieren sowie Unterrichtsthemen zu vernetzen.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Vererbung von Blutgruppen, in einer zurückliegenden Biologiestunde Besprechung der Mendelschen Regeln<br/>Lehrer: „<i>Wir hatten letzte Stunde die Mendelschen Regeln besprochen. Das Wissen darüber können wir heute anwenden, um zu klären, ob Herr Schmidt der Vater des Kindes sein kann oder nicht, denn auch die Blutgruppen werden nach den Mendelschen Regeln vererbt.</i>“</li> <li>• Thema Aufbau des Säugerherzens, in einer zurückliegenden Biologiestunde Aufbau des Herzens von Knochenfischen<br/>Schüler auf die Frage des Lehrers, warum im Säugerherz mehrere Herzkammern vorhanden sind: „<i>Der Körper muss mit ausreichend Sauerstoff versorgt werden. Das ist ja ganz anders als bei Fischen. Da reicht die eine Herzkammer.</i>“</li> <li>• Thema Abwehr von Krankheiten (Antigen-Antikörper Reaktion), in einer zurückliegenden Biologiestunde Blutgruppen und Blutverklumpung<br/>Lehrer: „<i>Warum bricht bei Herrn Schmidt die Krankheit nicht aus?</i>“<br/>Schüler: „<i>Weil er Antikörper gegen die Erreger hat, die das verhindern. Und so etwas Ähnliches hatten wir schon bei den unterschiedlichen Blutgruppen. Dort wurden die fremden Zellen auch aufgrund ihrer Oberflächenproteine</i></li> </ul> | <p>* Dieses Beispiel ist zugleich bei der Variablen <i>Weitergehende Denkprozesse</i> zu kodieren, da die Äußerung des Schülers über die eigentliche Frage des Lehrers <u>hinausgeht</u>.</p> |
|--|---|--|---|

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  | <i>vom Körper erkannt und bekämpft.“ *</i>   |  |
|  |  | Herstellen inhaltlicher Bezüge zu einem <b>zukünftigen Unterrichtsinhalt</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Abwehr von Krankheiten, Antibiotika<br/>Lehrer: „<i>Im Rahmen der Wirkung von Antibiotika werden wir uns in den nächsten Stunden noch mit einem Herrn Fleming beschäftigen. Er hat damals das Penicillin, einen Pilz entdeckt.</i>“</li> <li>• Thema Vererbung, Aufbau und Struktur der DNA<br/>Lehrer: „<i>Ich werde euch nächste Stunde einen Film mitbringen, in dem gezeigt wird, wie die DNA in Proteine übersetzt wird. Das findet an den sogenannten Ribosomen statt. Das sind weitere Zellbestandteile.</i>“</li> </ul> | Diese Kategorie wurde nur auf der Lehrerseite kodiert.   |
|  |  | Herstellen inhaltlicher Bezüge durch Nutzung eines <b>Basiskonzepts</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blutgruppen, Blutverklumpung<br/>Lehrer: „<i>Das ist also wieder ein Beispiel für das ‚Schlüssel-Schloss-Prinzip‘. Das wird euch in der Biologie noch häufiger begegnen (z.B. beim Thema Abwehr von Krankheiten).</i>“</li> <li>• Thema Ökologie (z.B. Kleinstlebewesen in einem aquatischen Ökosystem)<br/>Lehrer: „<i>Auch hier habt ihr wieder ein Beispiel für die besondere Bedeutung der Oberflächenvergrößerung für die Stoffaufnahme.</i>“</li> </ul>   | Siehe hierzu auch den betreffenden Abschnitt im Kategoriensystem des Projekts (Kategorie: übergeordnetes Konzept). |

|   |  |   |   |   |
|---|--|---|---|---|
| <p><b>Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen</b></p> | <p>Die Biologie zeichnet sich in besonderem Maße durch einen direkten Lebensweltbezug aus. Dieser Aspekt wird mit der Variablen <i>Bezug zur Lebenswelt oder einem anderen Fach herstellen</i> erfasst. Durch den Lebensweltbezug kann den Schülern die Relevanz des Lerninhalts verdeutlicht und Anwendungsbereiche aufgezeigt werden. Sie erkennen, was der Lerninhalt mit ihnen selbst zu tun hat.</p> <p>Der Lehrer kann einen Bezug zur Lebenswelt herstellen, indem er den Schülern im Biologieunterricht Gegenstände, Sachverhalte oder ähnliches darbietet, die ihnen aus dem Alltag bekannt sind (Kategorie: Bezug zur <i>allgemeinen Lebenswelt</i> herstellen). Gegenstände beim Thema Blut und Blutkreislauf könnten beispielsweise ein Blutdruckmessgerät, eine künstliche Blutkonserve, Spritzen und ähnliches sein, die den Schülern z.B. in einer Arztpraxis begegnen. Bei der Besprechung des Themas Ernährung und Verdauung besteht z.B. die Möglichkeit alltägliche Lebensmittel mitzubringen (oder mitbringen zu lassen).</p> <p>Ein Bezug zur allgemeinen Lebenswelt ist auch über Berufe möglich, für die biologische Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten notwendig sind (z.B. Forscher, Ärzte, Landwirte etc.).</p> <p>Der Lehrer kann den Lerninhalt auch durch Nennung eigener Erfahrungen oder unter einem historischen Ge-</p> | <p>Bezug zur <b>allgemeinen Lebenswelt</b> herstellen</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blutgruppen, Blutverklumpung<br/>Lehrer: „<i>Schaut mal, ich habe euch meinen Impfpass mitgebracht. Da stehen so allerlei Dinge drin, die wichtig sind, z.B. wenn ich verletzt oder krank bin. Hier, was steht hier zum Beispiel..?</i>“<br/>Lehrer: „<i>Damals hat man lange Zeit versucht, Blut von Tieren auf den Menschen zu übertragen</i>“</li> <li>• Thema Blutverklumpung, Versuch von Dr. Landsteiner<br/>„<i>Was meint ihr, welche Konsequenzen können wir aus dem Versuch von Dr. Landsteiner für die Medizin ableiten?</i>“</li> <li>• Thema Aufbau und Funktionen des Herzen<br/>Schüler auf die Frage des Lehrers, was dem Herzen zugesprochen wird: „<i>Das Herz wird oft mit Gefühlen in Verbindung gebracht.</i>“</li> <li>• Thema Ernährung und Verdauung<br/>Der Lehrer stellt verschiedene Lebensmittel auf den Tisch und schaut fragend in die Klasse.<br/>[...]<br/>Lehrer: „<i>Beim Brotbacken benutzt der Bäcker etwas, das den Teig gehen lässt. Was ist das? Kennt ihr bestimmt.</i>“<br/>Schüler: „<i>Das wird Hefe sein.</i>“</li> </ul> | <p>Ist nicht direkt ersichtlich, ob der Lehrer einen Bezug zur allgemeinen oder zur Schülerlebenswelt herstellten möchte, wird <i>Bezug zur allgemeinen Lebenswelt herstellen</i> kodiert (siehe unten Thema Ernährung und Verdauung, Beispiel 1). In dieser Situation wird auf Schülerseite vermutlich <i>Bezug zur Schülerlebenswelt herstellen</i> zu kodieren sein.</p> |
|---|--|---|---|---|

|  |   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|
|  | <p>sichtspunkt einführen, z.B. durch das Erzählen über die Lebenssituation der Menschen während des Mittelalters. Er kann aber auch aktuelle, gesellschaftlich relevante Fragen oder Probleme, die mit dem biologischen Thema zusammenhängen, aufwerfen.</p> <p>Des Weiteren kann der Lehrer eine Verbindung zur Schülerlebenswelt herstellen (Kategorie: Bezug zur <i>Schülerlebenswelt</i> herstellen), indem z.B. Impfpässe oder reale Blutwerte der Schüler genutzt und besprochen werden.</p> <p>Ist das Thema der Stunde die Messung des Blutdrucks und bringt der Lehrer hierfür ein Blutdruckmessgerät mit, mit dem die Schüler ihren eigenen Blutdruck messen, ist dies auch ein Beispiel, einen Bezug zur Lebenswelt des Schülers herzustellen und dadurch die Relevanz des Unterrichtsinhalts für den Schüler deutlich zu machen.</p> <p>Der Lehrer kann auch einen Bezug zu anderen Fächern, wie der Chemie, Physik, Philosophie oder einer Fremdsprache herstellen (Kategorie: Bezug zu <i>einem anderen Fach</i> herstellen).</p> |  |   |  |
|  |   | <p>Bezug zur <b>Schülerlebenswelt</b> herstellen</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Abwehr von Krankheiten</li> </ul> <p>Lehrer: „<i>Ihr seid in ständigem Kontakt mit der Außenwelt. Täglich begegnet ihr anderen Menschen, z.B. hier in der Schule, im Kino oder in der U-</i></p> |  |

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  |  |  | <p><i>Bahn. Dadurch kommt ihr natürlich auch mit Milliarden von Bakterien in Kontakt. Wie kommt es, dass ihr nicht jedes Mal krank werdet, wenn ihr Menschen begegnet, die erkältet sind. Und wie werdet ihr wieder gesund, wenn euch die Erkältung doch erwisch hat? Das wird das Thema der nächsten Stunden sein. Die Immunabwehr unseres Körpers.“</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blutgruppen, Blutverklumpung</li> </ul> <p><i>Lehrer: „Hat jemand von euch schon mal Blut gespendet oder war im Krankenhaus für eine Operation?“</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blut, Blutbestandteile und Aufgaben</li> </ul> <p><i>Lehrer: „Warum ist es wichtig, dass ihr eure Blutwerte hin und wieder kontrollieren lasst?“</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blut und Blutkreislauf</li> </ul> <p><i>Schüler: „Wenn ich Sport treibe und mich viel bewege, schlägt mein Herz schneller als wenn ich vor dem Fernseher sitze.“</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blutdruck</li> </ul> <p><i>Schüler: „Meine Oma hat auch einen hohen Blutdruck. Sie muss Tabletten nehmen.“</i></p> |  |
|  |  | <p>Bezug zu einem <b>anderen Fach</b> herstellen</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blut, Blutbestandteile und Aufgaben</li> </ul> <p><i>Lehrer: “ Wofür könnte ‚RBC‘ stehen? Ich gebe euch einen Tipp. Die Abkürzung kommt aus dem Englischen.“</i></p>   |  |

|                                   |  |  |  |   |
|-----------------------------------|--|--|--|---|
|                                   |  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Atmung</li> </ul> <p>Lehrer: „Die Verteilung von Stoffen aufgrund ihrer Eigenbewegung habt ihr ja bereits im Chemieunterricht kennengelernt. So könnt ihr euch das auch hier vorstellen.“</p>   |   |
| <b>Weitergehende Denkprozesse</b> | <p>Für eine aktive kognitive Verarbeitung von Lerninhalten und ein tiefergehendes Verständnis und Verankerung des Gelernten sind <i>weitergehende Denkprozesse</i> (Elaborationen) notwendig.</p> <p>Unter <i>weitergehenden Denkprozessen</i> werden Lernaktivitäten verstanden, die helfen (aufgrund von Vorwissen oder dargebotenem Lernmaterial), neue Informationen anzureichern, zu erweitern und weiter zu führen (Erzeugen von neuartigem Wissen).</p> <p>Es kann sich bei dieser Variablen zudem um Aktivitäten handeln, bei dem der Schüler z.B. Wissenslücken schließen oder Widersprüche aufheben möchte.</p> <p>Beim Schüler können sich <i>weitergehende Denkprozesse</i> daran zeigen, dass a) der aktuelle Unterrichtsinhalt mit bereits besprochenen Unterrichtsinhalten (d.h. fachlichem Vorwissen), Alltagswissen oder vorunterrichtlichen Erfahrungen verknüpft wird oder b) aktuell erarbeitete Unterrichtsinhalte zueinander in Beziehung gesetzt und miteinander verknüpft werden.</p> <p>Dies kann sich darin äußern, dass auf den Unterrichtsinhalt bezogene eigene</p> | <p><b>Zweifel</b> äußern, <b>Frage</b> aufwerfen, <b>Idee</b> äußern, <b>Kommentar</b> abgeben</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blut, Blutbestandteile und Aufgaben</li> </ul> <p>Schüler: „Ich kann mir nicht vorstellen, dass man Blut künstlich herstellen kann. Wie soll man denn Stoffe entwickeln, die z.B. Krankheitserreger erkennen...?“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Genetik, geschlechtliche Fortpflanzung bei Säugetieren</li> </ul> <p>Schüler: „Es gibt aber auch Tiere, die sich dadurch vermehren, dass sie sich teilen!“</p> <p>Schüler: „Aber wie pflanzen sich denn Bäume oder Sträucher fort? Die haben ja gar keinen Geschlechtsverkehr?“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Entstehung eines Herzinfarkts, Besprechung der Bluterkrankheit (Hämophilie)</li> </ul> <p>Schüler: „Wenn man jetzt diese Bluterkrankheit hat und das Blut kann nicht gerinnen, ist man dann auch nicht so stark Herzinfarktgefährdet?“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blutdruck</li> </ul> <p>Schüler auf den Beitrag, dass übergewichtige Menschen unter Bluthochdruck leiden: „Meine Mutter und meine Großmutter sind schlank und haben</p> | <p>Diese Variable wird nur auf der Schülerseite kodiert.</p> <p>Es werden nur fachlich-inhaltliche Äußerungen kodiert. Organisatorische Fragen, wie z.B. „Sollen wir erst den Text lesen oder erst die Abbildung anschauen?“ sind nicht Gegenstand der Kodierung.</p> <p>Fragen, die keinen weiterführenden Charakter haben, z.B. Verständnisfragen der Schüler: „Wie hießen noch mal die roten Blutkörperchen fachwissenschaftlich?“ oder Fragen, die lediglich auf eine Bestätigung oder Absicherung ausgerichtet sind, wie z.B. „Stärke war doch ein Beispiel für ein Polysaccharid, oder?“ sind ebenfalls nicht Gegenstand der Kodierung. Es ist hier jedoch darauf zu achten, dass diese Art der Äußerung evt. bei der Variablen: <i>Herkunft des fachlichen Vorwissens</i> zu kodieren sein kann, sofern die Äußerung fachlich richtig ist.</p> <p>Zweifel, Fragen, eigene Ideen oder Kommentare, die aufgrund einer Frage-Antwort-Sequenz geäußert werden (wie sie beim fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch typisch ist) und</p> |



|  |   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|
|  | <p>Ideen, Zweifel oder Fragen <u>aufgeworfen</u> oder <u>eigeninitiativ</u> sachbezogene Kommentare (auch Beispiele oder ähnliches), abgegeben werden. <i>Weitergehende Denkprozesse</i> zeichnen sich also dadurch aus, dass sie einen - über die eigentliche Frage des Lehrers (falls als eine Reaktion hierauf geäußert) hinausgehenden - weiterführenden Charakter haben.</p> <p><i>Weitergehende Denkprozesse</i> spiegeln eine aktive Verarbeitung des Lerninhalts wider und zeigen, dass neue Informationen mit vorhandenen Wissensbeständen vernetzt oder neu erarbeitete Lerninhalte in eine Beziehung zueinander gebracht und miteinander verknüpft werden.</p> |  | <p><i>trotzdem einen hohen Blutdruck! Ich habe gehört, dass hoher Blutdruck auch erblich ist... “ *</i></p>   | <p>keinen weiterführenden Charakter haben, sind ebenfalls nicht Gegenstand der Kodierung.</p> <p>* Dieses Beispiel ist zugleich bei der Variablen <i>Bezug zur Lebenswelt herstellen</i> (Kategorie: <i>Schülerlebenswelt</i>) zu kodieren.</p>  |
| <p><b>Umgang mit Beiträgen</b><br/>(A Lehrer, B Schüler)</p> | <p>A) Lehrer</p> <p>Anhand dieser Variablen wurde der <i>Umgang des Lehrers mit Schülerbeiträgen</i> als ein Vernetzungspotential im Biologieunterricht erfasst. So ist es z.B. möglich durch häufiges / kontinuierliches Aufgreifen und Aufeinanderbeziehen von Äußerungen, Lerninhalte im Unterricht zu elaborieren, zu erweitern und / oder zu differenzieren.</p>   | <p><b>Aufgreifen zum Abschluss</b></p> | <p>Der Lehrer zielt auf einen <i>Abschluss</i> oder auf eine Beantwortung einer eingangs gestellten Aufgabe oder Frage ab. Er stellt durch den Rückbezug auf die ursprüngliche(n) Aufgabe(n) eine in sich geschlossene Sinneinheit her. Dabei wird Unterrichtsstoff, der im aktuellen Unterricht erarbeitet wurde, zu einem späteren Zeitpunkt während des Unterrichts nochmals aufgegriffen und zu Ende geführt. Der Lehrer kann hierbei einen oder mehrere Schülerbeiträge wiederholt aufgreifen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Thema Genmutationen, Vorteile eines heterozygoten Genotyps im Fall der Sichelzellanämie</li> </ul> <p>Lehrer auf einen Schülerbeitrag: „Ja</p> | <p>Generell wird die Variable <i>Umgang mit Beiträgen</i> nur kodiert, wenn es sich um fachlich-inhaltliche Beiträge handelt.</p> <p>Bei der Variablen <i>Umgang mit Beiträgen</i> gilt generell, dass, wenn in einem Intervall zwei (oder mehr) Arten des Umgangs mit Beiträgen kodiert werden kann, die Kategorie mit der höheren Ziffer kodiert wird. Können in demselben Intervall z.B. eine <i>Ja/Nein-Antwort</i> und <i>Sammeln weiterer Beiträge</i> kodiert werden, wird <i>Sammeln weiterer Beiträge</i> kodiert.</p> <p>Es ist zu beachten, dass die Variable <i>Umgang mit Beiträgen</i> auch ohne Äußerung (Verbalisierung) zu kodieren</p> |

|  |  |                                     |  |  |
|--|--|-------------------------------------|--|--|
|  |  |                                     | <p><i>genau und jetzt kommen wir wieder zur Ausgangsfrage zurück. Warum zeigen nun Menschen mit Sichelzellanämie nicht so starke Symptome bei einem Befall mit Malaria wie Menschen ohne Sichelzellanämie?“</i></p> <p>Lehrer auf einen Schülerbeitrag: „Richtig. Und jetzt erinnert euch noch mal, was Tina gesagt hat. Was können wir jetzt also sagen, welchen Schluss können wir aus den Ergebnissen ziehen?“</p>  | ren sein kann.   |
|  |  | Aufgreifen zur <b>Weiterführung</b> | <p>Eine weitere Möglichkeit der Vernetzung besteht darin, dass der Lehrer inhaltlich an einen Schülerbeitrag anknüpft, z.B. mit Fachinformationen oder indem er den Schüler auffordert, seinen Beitrag zu elaborieren (Kategorie: <i>Aufgreifen zur Weiterführung</i>). <i>Aufgreifen zur Weiterführung</i> wird auch kodiert, wenn der Lehrer an einen Beitrag mit einer weiterführenden Frage / Aufgabe anknüpft. Der Lehrer nutzt hier den Schülerbeitrag, um das Unterrichtsgespräch fortzusetzen und voranzutreiben (die Schülerantwort kann hierbei vom Lehrer wiederholt werden).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Vererbung, geschlechtliche Fortpflanzung</li> </ul> <p>Lehrer: „Ja, richtig, der Vater produziert die Spermien. Sie entstehen aus sogenannten Urgeschlechtszellen, einer Vorstufe der fertigen Geschlechtszellen. Man nennt sie auch</p> | Die Kategorien <i>Aufgreifen zum Abschluss</i> und <i>Aufgreifen zur Weiterführung</i> konnten nicht ausreichend trennscharf kodiert werden (unter anderem deshalb, da bei der gewählten Kodierung nicht ersichtlich war, ob der Lehrer im Verlauf der Stunde den/einen Lerninhalt erneut aufgreift und weiterführt) und wurden daher zusammengefasst. |

|  |  |                               |   |  |
|--|--|-------------------------------|---|--|
|  |  |                               | <p><i>Keimzellen.“</i></p> <p>Lehrer: „<i>Ja, richtig, der Vater produziert die Spermien. Welchen anderen Begriff kennt ihr für Geschlechtszellen?</i>“</p> <p>Lehrer: „<i>Ja, höhere Lebewesen bestehen aus vielen Billionen Zellen. Aber für die Vererbung sind ganz bestimmte Zellen und Organe des Körpers wichtig. Welche sind das?</i>“</p> <p>Lehrer: „<i>Richtig, zwei komplette Erbsätze. Einer kommt vom Vater, einer von der Mutter. Das bedeutet man braucht zwei Anlagen jeweils für die Ausprägung des Merkmals. Eine vom Vater und eine von der Mutter.</i>“</p>   |  |
|  |  | Aufgreifen zur <b>Klärung</b> | <p>Mit dieser Kategorie wird erfasst, ob der Lehrer einen falschen oder unpräzisen Schülerbeitrag aufgreift, um ihn zu korrigieren (von einem Schüler korrigieren zu lassen) oder zu präzisieren.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Herz, Aufbau und Funktionen</li> </ul> <p>Lehrer auf einen falschen Schülerbeitrag: „<i>Nein, nicht die linke, sondern die rechte Herzhälfte pumpt das Blut in die Lunge.</i>“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blut, Blutbestandteile und Aufgaben</li> </ul> <p>Lehrer auf die Schülerantwort, dass es rote und blaue Blutkörperchen gibt: „<i>Blaue Blutkörperchen...?</i>“</p> <p>Lehrer auf einen ungenauen Schülerbeitrag: „<i>Was meinst du mit ‚Blutsor-</i></p> |  |

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  |  |  | <p>te'?"</p> <p>Lehrer an einen falschen Schülerbeitrag: „Kann das sein?“</p>   |  |
|  |  | <p><b>Gegenüberstellen</b><br/>von Beiträgen</p> | <p>Der Lehrer stellt Schülerbeiträgen oder andere Aussagen gegenüber, z.B. um diese miteinander zu vergleichen oder gegeneinander abzugrenzen. Dadurch können Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede herausgearbeitet werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Vererbung von Merkmalen</li> </ul> <p>Lehrer wirft ein Bild an die Wand, auf dem Vater und Sohn mit ähnlichen, äußeren Merkmalen (Größe und Form der Nase) zu sehen sind.</p> <p>Der Lehrer fragt, was dieses Bild mit Vererbung zu tun hat. Darauf äußern sich einige Schüler. Der Lehrer fasst am Ende zusammen, indem er zwei Schülerbeiträge gegenüberstellt: „<i>Jan hat gesagt, der Sohn hat die Nase von seinem Vater geerbt. Jonas hat gesagt, die Gene enthalten den Bauplan für den menschlichen Körper. Wie können wir diese beiden Aussagen zusammenbringen?</i>“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blutgruppen, Blutverklumpung</li> </ul> <p>Lehrer: „Was meint ihr, warum war die Blutübertragung bei Herrn Müller nicht erfolgreich?“</p> <p>[Die Schüler konfundieren die Begriffe Blutgerinnung und Blutverklumpung.]</p> <p>Schüler 1: „<i>Weil die Blutgerinnung dazu geführt hat, dass sein Blut ver-</i></p> |  |

|  |  |                               |   |   |
|--|--|-------------------------------|---|---|
|  |  |                               | <p><i>klumpt ist.“</i></p> <p>Schüler 2: „Das Spenderblut passte nicht zu seiner Blutgruppe. Dadurch kam es zur Verklumpung des Blutes in seinem Körper.“</p> <p>Lehrer: „Wir haben jetzt zwei Aussagen. Nach Alexander kam es aufgrund einer Blutgerinnung und nach Tanja aufgrund einer Blutverklumpung zum Tod von Herrn Müller. Welche Aussage ist denn nun richtig? Überlegt mal, die Blutgerinnung hatten wir damals im Rahmen des Wundverschlusses besprochen...“</p>  |   |
|  |  | <b>Sammeln</b> von Beiträgen  | <p>Diese Kategorie erfasst, ob der Lehrer unterschiedliche Beiträge sammelt. Die Beiträge beziehen sich auf die <u>gleiche</u> Frage (die Frage steht gewissermaßen im Raum). Das <i>Sammeln von Beiträgen</i> kann sehr subtil stattfinden, z.B. durch einfachen Aufruf der Schüler oder durch zunicken.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Blut, Blutbestandteile, Aufgaben</li> </ul> <p>Lehrer: „Was fällt euch zum Begriff 'Blut' ein?“ Marie..., Jan..., Kai ...?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Vererbung</li> </ul> <p>Lehrer: „Richtig, es gibt Erbinformationen für den Bau von Organen. Gibt es noch was?“</p> |   |
|  |  | <b>Ja- oder Nein-</b> Antwort | <p>Der Lehrer reagiert auf einen Schülerbeitrag mit einer <i>Ja- oder Nein-Antwort</i>. Er greift den Schülerbeitrag weder inhaltlich auf, noch knüpft er</p>   | <p>Reagiert der Lehrer auf eine falsche Schüleräußerung mit „<i>Nein</i>“, gibt aber die richtige Antwort (oder lässt einen Schüler diese geben), wird dies unter</p> |

|  |  |                         |   |  |
|--|--|-------------------------|---|--|
|  |  |                         | <p>inhaltlich daran weiter an. Es handelt sich um eine einfache Rückmeldung ohne Erläuterung. Die Schülerantwort kann vom Lehrer wiederholt werden. Stellt er unmittelbar auf den Beitrag eine anderweitige Frage, d.h. eine Frage, die inhaltlich nicht an den Beitrag anknüpft, so wird dies auch hier kodiert. Schreibt der Lehrer als Reaktion auf einen Schülerbeitrag die Äußerung an die Tafel, statt mit <i>Ja</i>- oder <i>Nein</i> zu kommentieren, wird dies auch hier kodiert.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema Herz, Aufbau und Funktionen</li> </ul> <p>Lehrer auf einen Schülerbeitrag, dass Taschenklappen in den Gefäßen den Rückfluss des Blutes verhindern: „<i>Ja, richtig, die Taschenklappen verhindern dies. Gut. Jetzt wollen wir uns mit etwas anderem beschäftigen.</i>“</p> <p>Lehrer auf einen richtigen (falschen) Schülerbeitrag: „<i>Ja (Nein), das stimmt (nicht).</i>“</p> | <i>Aufgreifen zur Klärung</i> kodiert. |
|  |  | <b>Ohne Rückmeldung</b> | <p>Der Lehrer ignoriert einen Schülerbeitrag, obwohl sich der Beitrag auf den Unterricht bezogen hat, also sachlich / fachlich-inhaltlich war. In dieser Kategorie wird auch kodiert, wenn ein Schülerbeitrag oder eine Schülerfrage nicht beantwortet oder auf später verschoben und nicht beantwortet wird.</p> <p>Die Kategorie <i>Ohne Rückmeldung</i> wird auch kodiert, wenn der Lehrer auf einen Schülerbeitrag lediglich einen Laut abgibt, wie z.B. „<i>mhh, naja, so</i></p>  |  |

|                                |   |   |   |   |
|--------------------------------|---|---|---|---|
|                                |   |   | so“, da es sich für den Schüler um keine eindeutige Rückmeldung auf seinen Beitrag handelt. |   |
| <b>Aktualität des Beitrags</b> | <p>Es wird zwischen einem <i>vergangenen</i> und einem <i>aktuellen</i> Beitrag differenziert.</p> <p>Um einen <i>aktuellen</i> Beitrag handelt es sich, wenn kein anderer Beitrag dazwischenliegt, sondern direkt auf den Beitrag Bezug genommen wird.</p> <p>Um einen <i>vergangenen</i> Beitrag handelt es sich, wenn ein oder mehrere andere Beiträge dazwischen liegen. Wird ein vergangener Beitrag kodiert, wird gewissermaßen ein Rückbezug hergestellt und ein geäußelter Lerninhalte erneut aufgegriffen.</p> | <p>- <b>aktuell</b></p> <p>- <b>vergangen</b></p> | -   | Kann im selben Intervall <i>aktueller</i> und <i>vergangener</i> Beitrag kodiert werden, wird vorzugsweise vergangener Beitrag kodiert. |

## F Weitere Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse

**Tab. 38: Ergebnis der einfaktoriellen Kovarianzanalyse mit der Leistung als abhängige Variable, dem Vernetzungsniveau als unabhängige Variable und dem Fachinteresse als Kovariate.**

| Abhängige Variable                                | Varianzquelle     | Quadrat-summe | df | Mittel der Quadrate | F     | p     | Eta <sup>2</sup> |
|---|-------------------|---------------|----|---------------------|-------|-------|------------------|
| <i>Leistungstest</i>                              |                   |               |    |                     |       |       |                  |
| <b>Residuen</b>                                   | Fachinteresse     | 0,036         | 1  | 0,036               | 0,166 | 0,689 | 0,010            |
|   | Vernetzungsniveau | 0,007         | 1  | 0,007               | 0,034 | 0,857 | 0,002            |
|   | Fehler            | 3,638         | 17 | 0,214               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Differenz</b>                                  | Fachinteresse     | 1,278         | 1  | 1,278               | 0,300 | 0,591 | 0,017            |
|   | Vernetzungsniveau | 0,562         | 1  | 0,562               | 0,132 | 0,721 | 0,008            |
|   | Fehler            | 72,294        | 17 | 4,253               | ---   | ---   | ---              |
| <i>Begriffsnetz</i>                               |                   |               |    |                     |       |       |                  |
| <b>Anzahl teilweise richtiger Relationen</b>      | Fachinteresse     | 0,131         | 1  | 0,131               | 0,198 | 0,663 | 0,014            |
|   | Vernetzungsniveau | 1,251         | 1  | 1,251               | 1,888 | 0,191 | 0,119            |
|   | Fehler            | 9,281         | 14 | 0,663               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Anzahl falscher Relationen</b>                 | Fachinteresse     | 0,055         | 1  | 0,055               | 0,096 | 0,761 | 0,007            |
|   | Vernetzungsniveau | 0,419         | 1  | 0,419               | 0,734 | 0,406 | 0,050            |
|   | Fehler            | 7,988         | 14 | 0,571               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Anzahl Relationen mit hohem Fachgehalt</b>     | Fachinteresse     | 0,001         | 1  | 0,001               | 0,249 | 0,626 | 0,017            |
|   | Vernetzungsniveau | 0,008         | 1  | 0,008               | 1,900 | 0,190 | 0,119            |
|   | Fehler            | 0,062         | 14 | 0,004               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Anzahl Relationen mit mittlerem Fachgehalt</b> | Fachinteresse     | 0,388         | 1  | 0,388               | 0,754 | 0,400 | 0,051            |
|   | Vernetzungsniveau | 0,244         | 1  | 0,244               | 0,475 | 0,502 | 0,033            |
|   | Fehler            | 7,200         | 14 | 0,514               | ---   | ---   | ---              |
| <b>Korrektheit der Relationen</b>                 | Fachinteresse     | 0,006         | 1  | 0,006               | 0,482 | 0,499 | 0,033            |
|   | Vernetzungsniveau | 0,025         | 1  | 0,025               | 2,097 | 0,170 | 0,130            |
|   | Fehler            | 0,165         | 14 | 0,012               | ---   | ---   | ---              |



|  |                   |           |    |           |       |       |       |
|--|-------------------|-----------|----|-----------|-------|-------|-------|
| <b>Fachgehalt der Relationen</b>                 | Fachinteresse     | 0,001     | 1  | 0,001     | 0,488 | 0,496 | 0,034 |
|  | Vernetzungsniveau | 7,032E-05 | 1  | 7,032E-05 | 0,028 | 0,869 | 0,002 |
|  | Fehler            | 0,035     | 14 | 0,002     | ---   | ---   | ---   |
| <b>Verknüpfungsgrad <math>\geq 6</math>-fach</b> | Fachinteresse     | 0,033     | 1  | 0,033     | 0,963 | 0,343 | 0,064 |
|  | Vernetzungsniveau | 0,073     | 1  | 0,073     | 2,140 | 0,166 | 0,133 |
|  | Fehler            | 0,477     | 14 | 0,034     | ---   | ---   | ---   |
| <b>Verknüpfungsgrad <math>\geq 7</math>-fach</b> | Fachinteresse     | 0,000     | 1  | 0,000     | 0,018 | 0,895 | 0,001 |
|  | Vernetzungsniveau | 0,072     | 1  | 0,072     | 3,082 | 0,101 | 0,180 |
|  | Fehler            | 0,327     | 14 | 0,023     | ---   | ---   | ---   |
| <b>Verknüpfungsgrad <math>\geq 8</math>-fach</b> | Fachinteresse     | 0,013     | 1  | 0,013     | 1,312 | 0,271 | 0,086 |
|  | Vernetzungsniveau | 0,001     | 1  | 0,001     | 0,073 | 0,791 | 0,005 |
|  | Fehler            | 0,142     | 14 | 0,010     | ---   | ---   | ---   |
| <b>Quervernetzung Atmung</b>                     | Fachinteresse     | 0,026     | 1  | 0,026     | 1,265 | 0,280 | 0,083 |
|  | Vernetzungsniveau | 0,001     | 1  | 0,001     | 0,025 | 0,877 | 0,002 |
|  | Fehler            | 0,290     | 14 | 0,021     | ---   | ---   | ---   |
| <b>Quervernetzung Bewegung</b>                   | Fachinteresse     | 0,001     | 1  | 0,001     | 0,013 | 0,909 | 0,001 |
|  | Vernetzungsniveau | 0,197     | 1  | 0,197     | 2,430 | 0,141 | 0,148 |
|  | Fehler            | 1,137     | 14 | 0,081     | ---   | ---   | ---   |
| <b>Quervernetzung Immunsystem</b>                | Fachinteresse     | 0,033     | 1  | 0,033     | 0,804 | 0,385 | 0,054 |
|  | Vernetzungsniveau | 0,060     | 1  | 0,060     | 1,463 | 0,247 | 0,095 |
|  | Fehler            | 0,578     | 14 | 0,041     | ---   | ---   | ---   |
| <b>Quervernetzung Verdauung/<br/>Energie</b>     | Fachinteresse     | 0,013     | 1  | 0,013     | 0,276 | 0,608 | 0,019 |
|  | Vernetzungsniveau | 0,075     | 1  | 0,075     | 1,616 | 0,224 | 0,103 |
|  | Fehler            | 0,652     | 14 | 0,047     | ---   | ---   | ---   |

## **G     Danksagung**

Frau Professorin Angela Sandmann danke ich für Ihre kompetente Unterstützung und Förderung während meiner Promotion, Ihr stets offenes Ohr und Ihr Vertrauen in mich und meine Arbeit.

Frau Professorin Elke Sumfleth danke ich für Ihren engagierten Einsatz für das Graduiertenkolleg „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ und die Bereitstellung optimaler Arbeitsbedingungen.

Frau Dr. Birgit Neuhaus danke ich für wertvolle statistische Anregungen und Ratschläge und für die persönlichen Gespräche und Unternehmungen, die mich sehr bereichert haben.

Auch meinem Büro möchte ich danken. Tim Höffler insbesondere für ‚statistische Fragen zwischendurch‘ und die psychologische Beratung. Regina Hübinger für Anregungen aus der Schulperspektive und ihren Rat bei Computerproblemen. Silke Klos für fliegende Süßigkeiten, ohne die ich an ständiger Hypoglykämie gelitten hätte.

Mein weiterer Dank geht an Josef Künsting für die stets sehr ausführlichen Diskussionen und Claudia Leopold für die schönen Streifzüge durch Essen.

Den vielen studentischen Hilfskräften danke ich für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Erhebung und Eingabe der Daten.

Den zahlreichen Schülern und Lehrern sowie den Eltern und Schulleitern danke ich dafür, dass sie mir ihre Türen geöffnet haben. Ohne ihre Bereitschaft an der Studie mitzuwirken, wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Ganz besonders danke ich meiner Familie, die mich immer auf wunderbare Weise unterstützt hat.